Aus dem Institut für Anaesthesiologie der Universität Würzburg

(Vorstand: Prof. Dr. med. K.H. Weis)

Infusionstherapie bei Verbrennungen und ihre Orientierung an verschiedenen Parametern

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Rotraut Fels

aus Coburg

Würzburg, den 26. 5. 1981

Aus dem Institut für Anaesthesiologie der Universität Würzburg

(Vorstand: Prof. Dr. med. K.H. Weis)

Infusionstherapie bei Verbrennungen und ihre Orientierung an verschiedenen Parametern

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Rotraut Fels

aus Coburg

Würzburg, den 26. 5. 1981

Referent: Priv. Doz. Dr. med. B. Homann

Korreferent: Prof. Dr. med. K.H. Weis

Dekan: Prof. Dr. med. K.H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 30.7.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Inhaltsübersicht

		Seite
1.	Einleitung und historischer Rückblick	1
2.	Statistisches Untersuchungsmaterial	2
3.	Ergebnisse	
3. 1.	Anzahl und Alter des Krankengutes Verbrennungsausdehnung und Verbrennungsursache	3
3. 2.	Abschätzen der Verbrennungsausdehnung und -tiefe	4
3. 3.	Infusion kolloidaler Lösungen	5
3. 4.	Infusion von Kohlenhydrat-Elektrolytlösungen	7
3. 5.	Prozentuales Verhältnis von Kolloid- zu Kohlenhydrat-Elektrolytlösungen	1o
3. 6.	Infusion hochkalorischer Lösungen	12
3. 7.	Orale Flüssigkeitszufuhr	16
3. 8.	Entwicklung einer Verbrennungsformel	18
3. 9.	Diurese, spezifisches Uringewicht, Diuretikagabe, Urinelektrolyte	21
3.1o.	Hämoglobin- und Hämatokritwerte	24
3.11.	Blut und Erythrozytenkonzentrate	27
3.12.	Serumgesamteiweiß und Serumelektrolyte	29
3.13.	Komplikationen und Todesfälle	33
4.	Diskussion	37
5.	Bedeutung für die Klinik	67
6.	Zusammenfassung	7o
7.	Literaturnachweis	I - IX

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543512_0024

1. Einleitung und historischer Rückblick

Verbrennungen stellen den Arzt seit Jahrtausenden vor schwerwiegende Probleme. Bis ins 19. Jahrhundert bestand die Verbrennungsbehandlung nur in einer lokalen adstringierenden Wundbehandlung mit den verschiedensten Mitteln. Bereits im 6. bis 5. Jhd. v. Chr. behandelten Chinesen und Japaner Verbrennungspatienten mit Teeblätterextrakten (12). Um 43o v. Chr. verwendete HIPPOKRATES essig- oder mit Eichenrindentinktur getränkte Umschläge (12). Die Römer benutzten ebenfalls Wein oder Essig. Erst 1863 erkannte BARADUC (12) die Hämokonzentration nach einem Verbrennungsunfall als wesentlichen pathophysiologischen Vorgang, hatte aber noch nicht die technischen Voraussetzungen, um daraus Konsequenzen ziehen zu können. Es dauerte noch bis 1897 bis TOMASOLI (12) in Palermo zum erstenmal Salzwasserinjektionen vornahm. Die Tragweite der Flüssigkeitsverluste bei Verbrennungen schätzte erst UNDERHILL (12), Professor der Pharmakologie und Toxikologie in Yale, richtig ein. Er untersuchte die Flüssigkeit, die sich in Verbrennungsblasen sammelt, und erkannte dadurch die Bedeutung der Proteinverluste nach einem Verbrennungsunfall. Nach grundlegenden Forschungen über Flüssigkeits- und Proteinverluste nach Verbrennungen seit 1942, veröffentlichten COPE und MOORE (33) 1947 die erste Verbrennungsformel, in der sie den Flüssigkeitsbedarf eines Verbrennungspatienten nach dessen Körpergewicht und nach der Prozentzahl der verbrannten Körperoberfläche berechneten. Es folgten 1952 die Formel von EVANS (45) und 1953 die Formel von BROOKE (11), eine Modifikation der Evansformel, die heute noch vielfach verwendet wird.

Seit der Veröffentlichung dieser Formeln bestand die Weiterentwicklung der Infusionstherapie bei Verbrennungen in der Diskussion der Art der zu infundierenden Substanzen, in der Erörterung der richtigen Infusionsmenge und in der Beurteilung von Parametern zu deren Orientierung.

Diesen Problemen wendet sich auch die folgende Arbeit zu.

2. Statistisches Untersuchungsmaterial

Im Institut für Anaesthesiologie und der Chirurgischen Klinik der Universität Würzburg wurden von Januar 1973 bis Dezember 1978 rund 25o Patienten mit Verbrennungsverletzungen behandelt. In dieser retrospektiven Statistik werden davon 23 Erwachsene und 25 Kinder bis 14 Jahre berücksichtigt, die sich so schwere Verbrennungen zugezogen hatten, daß sie mindestens sieben Tage oder länger infundiert werden mußten. Drei Patienten, die bereits am sechsten Tag ihren schweren Verletzungen erlagen, wurden ebenfalls einbezogen.

Aus den gesammelten Krankenblättern, Kurven und Laborzetteln der 48 Patienten wurden die Art und die Menge der applizierten Infusionslösungen an den sieben Tagen des Beobachtungszeitraumes erfaßt. Der erste Tag wurde in drei mal acht Stunden, ausgehend vom Zeitpunkt der Verbrennung, eingeteilt. Außerdem wurden die oral aufgenommene Flüssigkeitsmenge, die stündliche Diurese, die Diuretikagabe, das spezifische Harngewicht, der Hämoglobin- und Hämatokritwert, das Serumgesamteiweiß, die Serumelektrolyte Natrium, Kalium, Chlorid und Calcium, die Urinelektrolyte Natrium, Kalium und Chlorid, und das Gewicht der Patienten registriert. Für jeden Tag wurden der Mittelwert und die Standardabweichung der erhaltenen Meßreihen errechnet. Die im Krankheitsverlauf aufgetretenen Heilungskomplikationen wurden ebenfalls erfaßt.

Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten aufeinanderfolgender Tage wurden mit Hilfe des T-Testes bei Paardifferenzen verbundener Stichproben bei einem Signifikanzniveau von $p \leq o,o5$ errechnet.

Das Patientengut wurde in Kinder und Erwachsene eingeteilt. Weiterhin wurde eine Einteilung in Patienten mit Verbrennungen $\geq$ 3o % der Körperoberfläche, im folgenden als Gruppe A bezeichnet, und $<$ 3o % der Körperoberfläche (Gruppe B) vorgenommen. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen A und B wurden mit Hilfe des T-Testes zum Vergleich zweier Mittelwerte bei einem Signifikanzniveau von $p \leq o,o5$ errechnet. Für beide T-Tests wurde der kritische Wert der t-Verteilung den Geigy-Tabellen (4o) entnommen.

3. Ergebnisse

3.1. Daten des Untersuchungsgutes

Die folgende Tabelle 1 informiert über Anzahl und Alter des Patientengutes, über die durchschnittliche Ausdehnung der Verbrennungen in % der Körperoberfläche und über die Ursachen der Verbrennungen.

Tabelle 1: Daten des Untersuchungsgutes

a) ERWACHSENE

Gesamtzahl	23
Gruppe A (≥ 3o % Verbrennungsoberfläche)	14
Gruppe B (< 3o % Verbrennungsoberfläche)	9

Alter

Gesamtdurchschnitt	42,7 Jahre (16 J. - 79 J.)
Gruppe A	39,6 Jahre (16 J. - 79 J.)
Gruppe B	47,6 Jahre (21 J. - 73 J.)

Ausdehnung der Verbrennung in % der Körperoberfläche

Gesamtdurchschnitt	29 % (15% - 5o%)
Gruppe A	35 % (3o% - 5o%)
Gruppe B	2o % (15% - 28%)

Verbrennungsursachen

Verbrennung (Spiritus, Kerze, Strohfeuer)	11 Patienten
Verbrühung (Wasser)	4 Patienten
Verpuffung	6 Patienten
Teerverbrennung	1 Patient
Stromverbrennung (Lichtbogen)	1 Patient

b) KINDER

Gesamtzahl	25
Gruppe A	12
Gruppe B	13

Alter

Gesamtdurchschnitt	3,8 Jahre (14 Mon. - 12 Jahre)
Gruppe A	3,5 Jahre (17 Mon. - 6 Jahre)
Gruppe B	4,1 Jahre (14 Mon. - 12 Jahre)

Ausdehnung der Verbrennung in % der Körperoberfläche

Gesamtdurchschnitt	3o % (15% - 6o%)
Gruppe A	38 % (3o% - 6o%)
Gruppe B	22 % (15% - 25%)

Verbrennungsursachen

Verbrennung (Spiritus, Verkehrsunfall)	3 Patienten
Verbrühung (Wasser, Lauge, Schweinefutter)	21 Patienten
Verpuffung	1 Patient

3.2. Abschätzen der Verbrennungsausdehnung und -tiefe

Um die Ausdehnung einer Verbrennung abzuschätzen, wird in Würzburg eine Tabelle der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Ludwigshafen am Rhein verwendet, die die unterschiedliche Größe der Körperoberfläche in verschiedenen Lebensaltern berücksichtigt (Tabelle 2).

Die Tiefe der Verbrennung wird in Grade eingeteilt. Als Verbrennung I. Grades gilt eine Rötung der Haut. Sie betrifft nur das Hautepithel. Als Verbrennung II. Grades bezeichnet man Rötung, Schwellung und Blasenbildung der Haut. Hierbei sind Epithel und Teile des Coriums außer den Anhangsgebilden betroffen. Bei einer Verbrennung III. Grades handelt es sich um eine völlige Zerstörung der Haut mit ihren Anhangsgebilden.

In die Berechnung der Infusionsmengen wurden nur Verbrennungen II. und III. Grades einbezogen, die kurz nach dem Verbrennungsunfall oft schwer voneinander zu unterscheiden sind, sich von Verbrennungen I. Grades jedoch leicht abgrenzen lassen.

Tabelle 2: Körperoberfläche in % für verschiedene Lebensalter nach einem Schema der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Ludwigshafen a. Rh.

Verbrennung	1 Jahr	1-4	5-9	1o-14	15	Erwachsene
Kopf	19	17	13	11	9	7
Hals	2	2	2	2	2	2
Rumpf (vorn)	13	13	13	13	13	13
Rumpf (hinten)	13	13	13	13	13	13
R.Gesäßhälfte	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
L.Gesäßhälfte	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Genitalien	1	1	1	1	1	1
R.Oberarm	4	4	4	4	4	4
L.Oberarm	4	4	4	4	4	4
R.Unterarm	3	3	3	3	3	3
L.Unterarm	3	3	3	3	3	3
R.Hand	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
L.Hand	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
R.Oberschenkel	5,5	6,5	8	8,5	9	9,5
L.Oberschenkel	5,5	6,5	8	8,5	9	9,5
R.Unterschenkel	5	5	5,5	6	6,5	7
L.Unterschenkel	5	5	5,5	6	6,5	7
R.Fuß	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
L.Fuß	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

3.3. Infusion kolloidaler Lösungen

Als kolloidale Lösungen fanden das reine Serumderivat Humanalbumin (als 5 %ige und 2o %ige Lösung) und die Serumderivate in Kombinationen Biseko, Seretin und PPL (Plasma-Protein-Lösung 3,5 %) Anwendung. In einigen Fällen waren Bluttransfusionen nötig. Zweimal hatten Patienten vom Notarzt an der Unfallstelle bereits kolloidale Ersatzmittel erhalten (Makrodex 6 %ig und Rheomakrodex 1o %ig).

Berechnet man die durchschnittlichen Kolloidmengen, die die Verbrennungspatienten in den ersten sieben Tagen nach der Verbrennung erhielten, erhält man folgende Ergebnisse (Tabelle 3 und Abb. 1 u. 2).

Bei p = o,o5 signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Tagen wurden mit + gekennzeichnet.

Tabelle 3: Menge der infundierten Kolloidlösungen in ml und in % der Gesamtkolloidmenge des ersten Tages

Erwachsene	Gesamtdruchschnitt	Gruppe A	Gruppe B
1. Tag	1886 ml ≙ 1oo %	2222 ml ≙ 1oo %	13oo ml ≙ 1oo%
erste 8 h	891 ml 47 %	986 ml 44 %	725 ml 56%
zweite 8 h	627 ml+ 33 %	757 ml+ 34 %	4oo ml 31%
dritte 8 h	368 ml+ 2o %	479 ml+ 22 %	175 ml 13%
2. Tag	1o32 ml+ 55 %	1221 ml+ 55 %	7oo ml+ 54%
3. Tag	899 ml 48 %	11o7 ml 5o %	534 ml 41%
4. Tag	65o ml 34 %	796 ml 36 %	422 ml 32%
5. Tag	472 ml 25 %	55o ml 25 %	35o ml 27%
6. Tag	439 ml 23 %	431 ml 19 %	45o ml 35%
7. Tag	4o7 ml 22 %	321 ml 14 %	522 ml 4o%
Kinder	**Gesamtdurchschnitt**	**Gruppe A**	**Gruppe B**
1. Tag	621 ml ≙ 1oo %	644 ml ≙ 1oo %	6oo ml ≙ 1oo%
erste 8 h	339 ml 55 %	342 ml 53 %	337 ml 56%
zweite 8 h	152 ml+ 24 %	167 ml+ 26 %	138 ml+ 23%
dritte 8 h	13o ml 21 %	135 ml 21 %	125 ml 21%
2. Tag	379 ml+ 61 %	411 ml+ 64 %	35o ml+ 58%
3. Tag	194 ml+ 31 %	267 ml+ 41 %	127 ml+ 21%
4. Tag	2o7 ml 33 %	236 ml 37 %	18o ml 3o%
5. Tag	237 ml 38 %	223 ml 35 %	25o ml 42%
6. Tag	2o4 ml 33 %	243 ml 37 %	171 ml+ 29%
7. Tag	213 ml 34 %	2oo ml 31 %	224 ml 37%

a) Erwachsene

Die Kolloidinfusionsmenge des ersten Tages wurde gleich 1oo Prozent gesetzt. Es zeigt sich dabei, daß in den ersten acht Stunden nach dem Unfall fast die Hälfte der Gesamtmenge des ersten Tages appliziert wird. In den zweiten

Abb.1: Kolloidinfusionen bei Erwachsenen in ml und in % der Gesamtkolloidmenge des 1. Tages

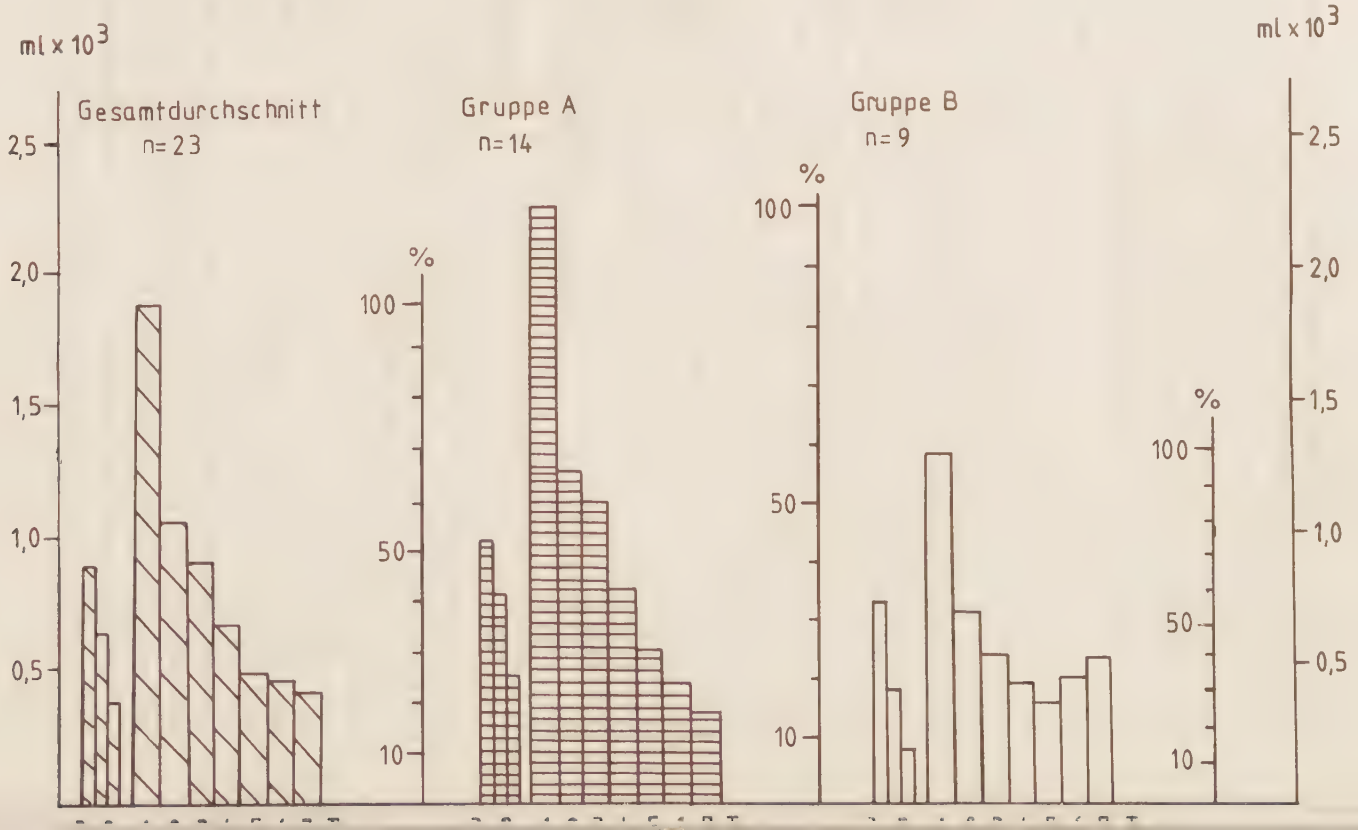
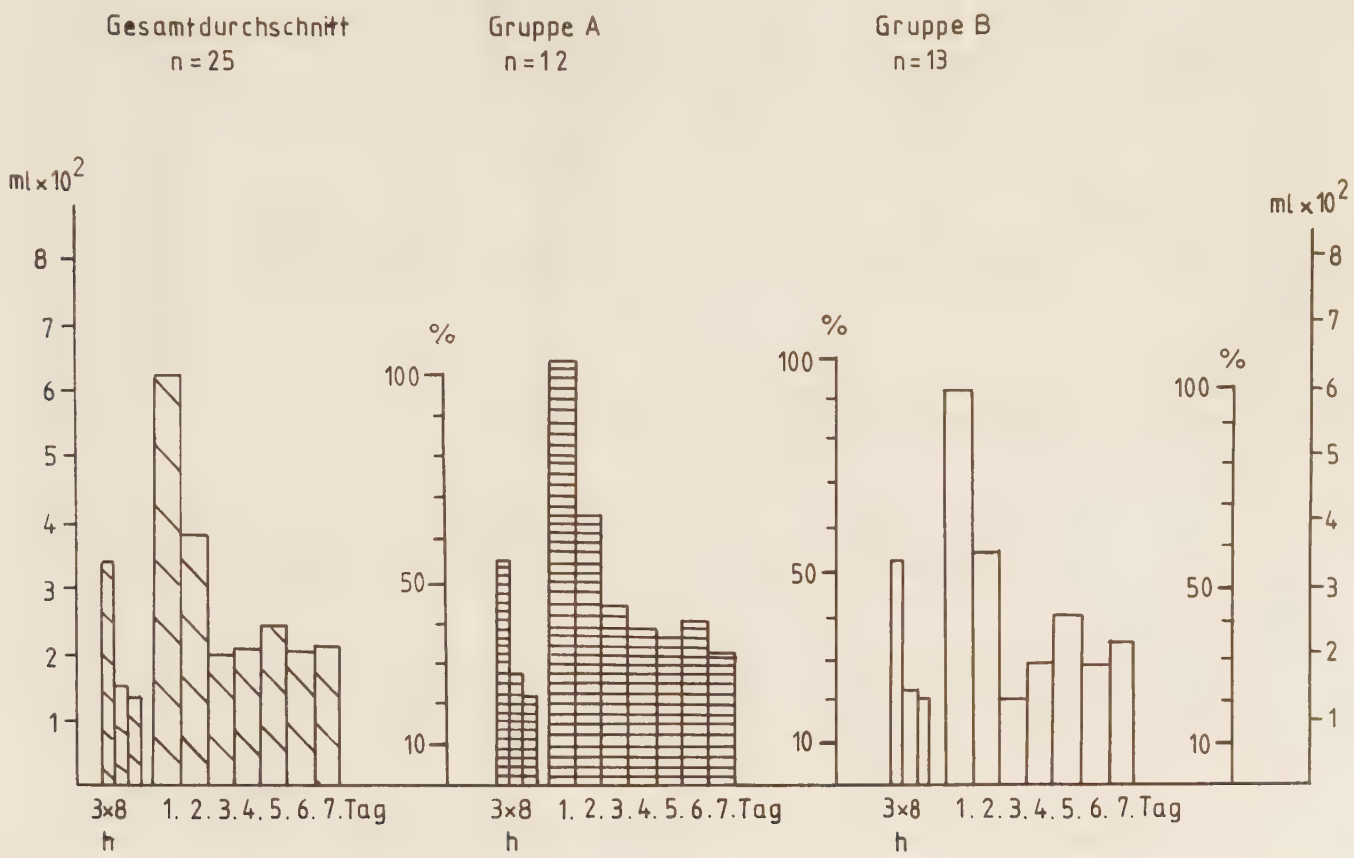


Abb. 2: Kolloidinfusionen bei Kindern in ml und in % der Gesamtkolloidmenge des 1.Tages



acht Stunden werden rund 1/3 und in den dritten acht Stunden nur noch der Rest von ungefähr 1/5 der Tagesgesamtmenge infundiert. Am zweiten Tag erhalten die Patienten 55 % der Menge des ersten Tages. Vom zweiten bis zum siebten Tag fällt der infundierte Kolloidanteil kontinuierlich ab. Der geringfügige Anstieg bei Gruppe B in den letzten beiden Tagen ist infolge der geringen Fallzahl (9 Personen) nicht signifikant.

Betrachtet man die Absolutmengen der kolloidalen Infusionslösungen in ml, wird deutlich, daß die Patientengruppe mit ≥ 3o % verbrannter Körperoberfläche am ersten Tag rund 9oo ml mehr erhält als die Gruppe B und am zweiten Tag noch 5oo ml mehr. Dieser Abstand verringert sich in den folgenden Tagen ständig, bis am sechsten Tag praktisch gleiche Infusionsmengen bei beiden Gruppen erreicht sind.

b) Kinder

Bei den Kindern zeigen sich ähnliche Verhältnisse. Der weitaus größte Teil der Gesamtmenge des ersten Tages wird in den ersten acht Stunden nach der Verbrennung infundiert. Mit durchschnittlich 55 % in den ersten acht Stunden ist der Wert um rund acht Prozent höher als bei den Erwachsenen. In den zweiten acht Stunden wird nur ca. 1/4 der Tagesgesamtmenge verabreicht (Gegensatz Erwachsene 1/3), und in den dritten acht Stunden ebenso wie bei den Erwachsenen rund 1/5. Am zweiten Tag erhalten die Kinder 6o % der Menge des ersten Tages. Das sind 5 % mehr als bei den Erwachsenen. Vom dritten Tag an zeigen die Werte nicht wie bei den Erwachsenen rein abfallenden Verlauf, sondern es fallen leichte Auf- und Abwärtsschwankungen auf mit relativ gleichbleibender Tendenz.

3.4. Infusion von Kohlenhydrat-Elektrolytlösungen

Reine Kohlenhydratlösungen, reine Elektrolytlösungen und gemischte KH-Elektrolytlösungen wurden zusammengefaßt.

Zu den KH-Lösungen wurden Glucose-, Laevulose-, Glucosteril-Traubenzucker- und Xylitlösungen jeweils in 5 und 1o %iger Konzentration gezählt.

Verwendete gemischte KH-Elektrolytlösungen waren Combisteril, Sterofundin, Triofusion, Gemisch und Kindergemisch. KH-Lösungen, die 2o %ig oder höher konzentriert waren, wurden nicht unter dieser Infusionsgruppe registriert. Sie wurden zu hochkalorischen Lösungen gezählt.

Zu den reinen Elektrolytlösungen, die in Würzburg Anwendung fanden, gehören o,9 %ige NaCl-Lösung, Ringerlösung, Sterofundin HG 5 und Elomel salvia.

Die am Patientengut gemessenen Werte ergeben sich aus Tabelle 4 und den Abbildungen 3 und 4.

Tabelle 4: Menge der KH-Elektrolytlösungen in ml und in % der Gesamtmenge des ersten Tages

Erwachsene	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	ml	%	ml	%	ml	%
1. Tag	5374	1oo	5864	1oo	4611	1oo
erste 8 h	2641	49	2839	48	2333	51
zweite 8 h	1826+	34	2o36+	35	15oo+	32
dritte 8 h	9o7+	17	989+	17	778+	17
2. Tag	24o2+	45	2554+	44	2167+	47
3. Tag	1815+	34	1839+	31	1778+	39
4. Tag	138o	26	1268	22	1556	34
5. Tag	92o+	17	643	11	135o	29
6. Tag	891	17	679	12	1222	27
7. Tag	976	18	7o8	12	1333	29

Kinder	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	ml	%	ml	%	ml	%
1. Tag	2456	1oo	2892	1oo	2o53	1oo
erste 8 h	1152	47	1321	46	996	49
zweite 8 h	599+	24	686+	24	519+	25
dritte 8 h	7o5	29	885	3o	538	26
2. Tag	1154+	47	1292+	45	1o27+	5o
3. Tag	887+	36	981	34	8oo	39
4. Tag	782	32	7oo	24	858	42
5. Tag	596+	25	45o+	16	731	36
6. Tag	7o8	29	732	25	688	34
7. Tag	536	23	565	2o	562	27

a) Erwachsene

Ähnlich wie bei den infundierten Kolloidmengen zeigt es sich auch bei den KH-Elektrolytlösungen, daß in den ersten acht Stunden nach dem Unfall die größte Flüssigkeitsmenge zugeführt werden muß. Rund die Hälfte der Gesamtmenge des ersten Tages wird in den ersten acht Stunden infundiert, in den zweiten acht Stunden folgen ungefähr 1/3 und im letzten Tagesdrittel etwas weniger als 1/5. Am zweiten Tag werden die KH-Elektrolytlösungen stärker eingeschränkt als die kolloidalen Lösungen. Sie erreichen mit 45 % der Menge des ersten Tages 1o % weniger als die Kolloide mit 55 %. Vom dritten bis zum fünften Tag fällt die Infusionsmenge stetig ab und zeigt dann bis zum siebten Tag gleichbleibende Tendenz.

Patienten der Gruppe A erhalten am ersten Tag im Durchschnitt 125o ml mehr als die Gruppe B. Am zweiten Tag verringert sich dieser Abstand auf ca. 4oo ml, bis am dritten Tag fast gleiche Mengen erreicht sind. Ab dem vierten Tag fällt auf, daß die Gruppe B durchschnittlich 3oo ml mehr als die Gruppe A erhält, vom fünften bis zum siebten Tag bekommt die weniger verletzte Gruppe B sogar ungefähr die doppelte Menge der Gruppe A.

Abb.3: Infusion von Kohlenhydrat-Elektrolytlösungen bei Erwachsenen in ml und in % der Menge des 1. Tages

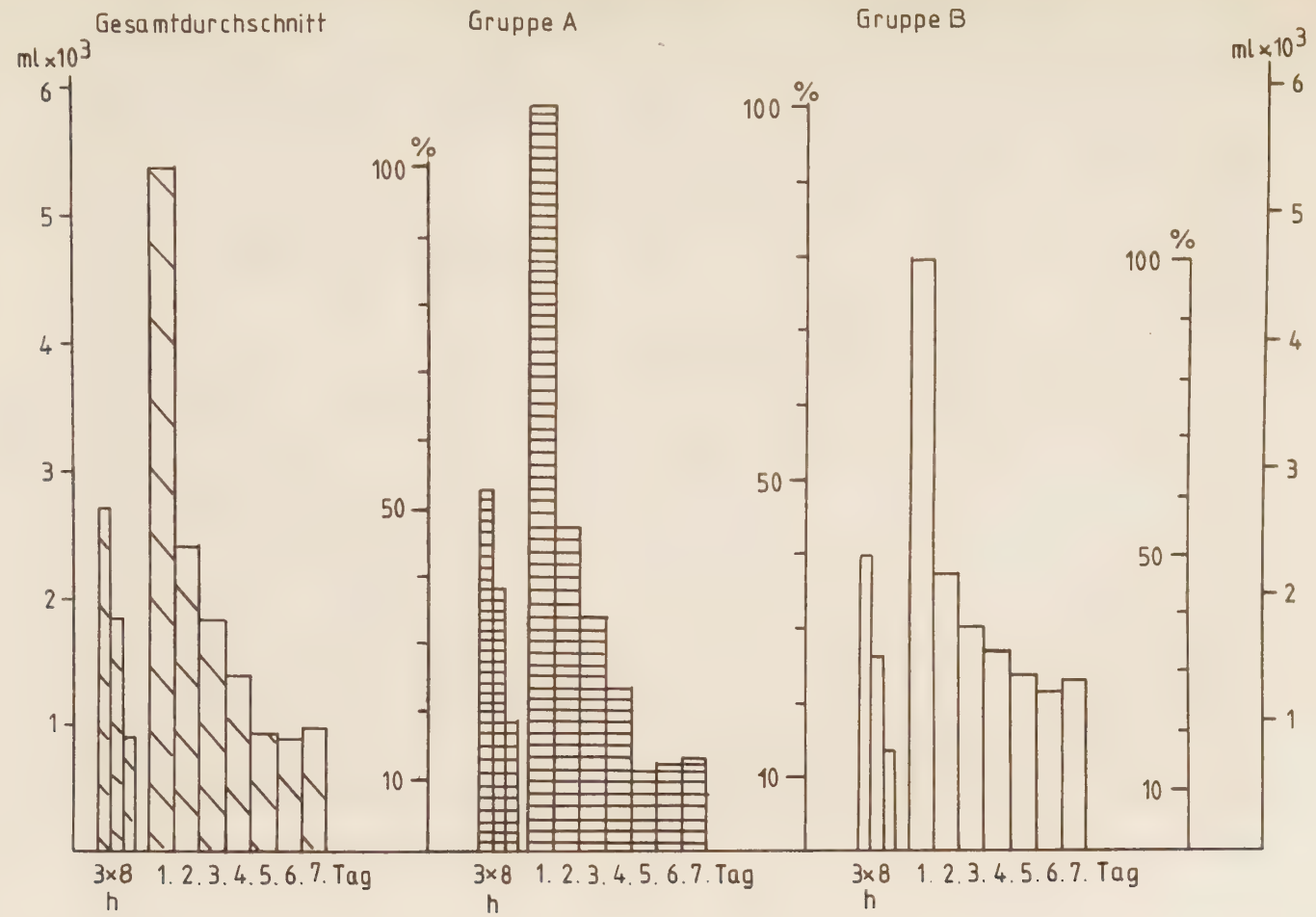
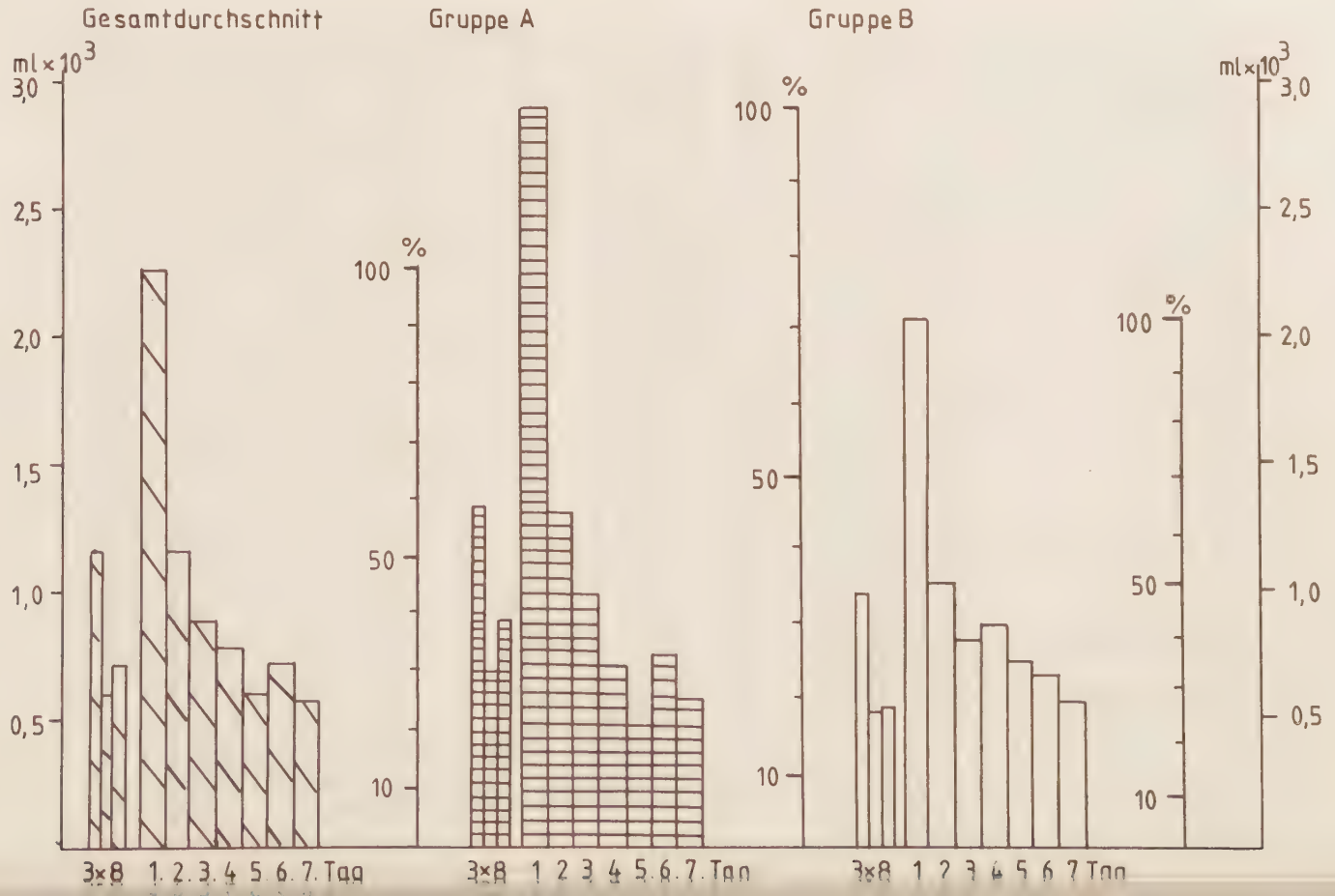


Abb. 4: Infusion von Kohlenhydrat-Elektrolytlösungen bei Kindern in ml und in % der Menge des 1. Tages



b) Kinder

Auch bei den Kindern erreicht die in den ersten acht Stunden infundierte KH-Elektrolytmenge knapp die Hälfte der Menge des ersten Tages. In den zweiten acht Stunden werden mit rund 1/4 der Tagesgesamtmenge 8 bis 1o % weniger als bei den Erwachsenen appliziert. Im letzten Tagesdrittel erhalten die Kinder mit 26 bis 3o % Infusionsmenge 9 bis 13 % mehr als die Erwachsenen. Am zweiten Tag beträgt die verabreichte Menge 45 bis 5o % der Menge des ersten Tages und ist 1o bis 15 % niedriger als die prozentuale Kolloidmenge (um 6o %). Vom dritten bis zum siebten Tag zeigt sich leicht abfallende Tendenz mit Auf- und Abwärtsschwankungen.

3.5. Prozentuales Verhältnis von Kolloid- zu KH-Elektrolytlösungen

Bildet man die Gesamtmenge aus infundierten Kolloid- und KH-Elektrolytlösungen und berechnet daraus die prozentualen Anteile der verschiedenen Lösungstypen, so zeigen sich folgende Verhältnisse (Tab. 5).

Tabelle 5: Verhältnis von kolloidalen zu kolloidfreien KH-Elektrolytlösungen

Erwachsene	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	% Koll.	% KH.	% Koll.	% KH	% Koll.	% KH.
1. Tag	26	74	27	73	22	78
erste 8 h	25	75	26	74	24	76
zweite 8 h	26	74	27	73	21	79
dritte 8 h	29	71	33	67	18	82
2. Tag	3o	7o	32	68	24	76
3. Tag	33	67	38	62	23	77
4. Tag	32	68	39	61	21	79
5. Tag	34	66	46	54	2o	8o
6. Tag	33	67	39	61	27	73
7. Tag	29	71	31	69	28	72

Kinder	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	% Koll.	% KH.	% Koll.	% KH.	% Koll.	% KH
1. Tag	2o	8o	18	82	23	77
erste 8 h	22	78	2o	8o	25	75
zweite 8 h	2o	8o	2o	8o	21	79
dritte 8 h	16	84	13	87	19	81
2. Tag	24	76	23	77	25	75
3. Tag	18	82	21	79	13	87
4. Tag	21	79	34	66	17	83
5. Tag	28	72	33	67	25	75
6. Tag	22	78	25	75	2o	8o
7. Tag	27	73	26	74	28	72

a) Erwachsene

Beim Gesamtdurchschnitt der Erwachsenen beträgt der Anteil der kolloidalen Lösungen an der Gesamtinfusionsmenge am ersten Tag rund 1/4. Dieser Anteil steigert sich am zweiten Tag um 5 % und am dritten Tag um weitere 3 %. Bis zum siebten Tag bleibt der Anteil dann mit rund 33 % relativ konstant.

Betrachtet man die Gruppe A und B getrennt, fällt auf, daß der Kolloidanteil bei Gruppe A im Laufe des ersten Tages ansteigt, während er bei Gruppe B abfällt. Ab dem zweiten Tag erhalten die Patienten der Gruppe A stets mehr als 3o % Kolloide im Gegensatz zu den weniger verletzten Patienten der Gruppe B, die die 3o % - Grenze zu keinem Zeitpunkt überschreiten.

b) Kinder

Kinder erhalten am ersten Tag 1/5 der Gesamtinfusionsmenge als kolloidale Lösungen. Am zweiten Tag ergibt sich auch hier eine Steigerung um 5 % auf 1/4. Am dritten Tag verringert sich der Kolloidanteil um 7 %. Im weiteren Verlauf schwankt der Kolloidwert zwischen 21 und 28 % der Gesamtmenge mit Maxima am fünften und siebten Tag.

Zwischen Gruppe A und B zeigen sich keine so deutlichen Unterschiede wie bei den Erwachsenen. Die 3o % - Grenze für Kolloide wird insgesamt nur zweimal überschritten und zwar von Gruppe A am vierten und fünften Tag. Ansonsten pendeln die Werte bei beiden Gruppen zwischen 13 und 28 %.

c) Vergleich

Zunächst eine tabellarische Gegenüberstellung der beiden ersten Tage.

	Erwachsene		Kinder	
1. Tag	Kolloide 26 % KH-El.lsg 74 %	~1:3	Kolloide 2o % KH-El.lsg 8o %	1:4
2. Tag	Kolloide 3o % KH-El.lsg 7o %	1:2,3	Kolloide 25 % KH-El.lsg 75 %	1:3

Der Kolloidanteil erreicht am ersten Tag bei den Erwachsenen einen um 6 % höheren Wert als bei den Kindern. Beide Gruppen erhalten am zweiten Tag 4 bzw. 5 % mehr Kolloid als am ersten Tag.

Das prozentuale Verhältnis Kolloid : KH-Elektrolytlösung am ersten Tag von ca. 1 : 3 erhöht sich am zweiten Tag zugunsten der Kolloide auf 1 : 2,3 bei den Erwachsenen. Bei den Kindern beträgt dieses Verhältnis am ersten Tag 1 : 4 und erreicht am zweiten Tag den Erwachsenenwert des ersten Tages von 1 : 3.

Im weiteren Verlauf der ersten Woche wird deutlich, daß die Erwachsenen stets zwischen 6 und 11 % mehr Kolloidlösung erhalten als Kinder.

3.6. Infusion hochkalorischer Lösungen

Verbrennungspatienten sind nach dem Unfall oft wochenlang nicht in der Lage, ihren gesamten Kalorienbedarf durch orale

Nahrungsaufnahme zu decken. Sie erhalten als Ersatz parenteral hochkalorische Aminosäure-, Kohlenhydrat- und Fettlösungen.

Als Aminosäurelösungen wurden Aminofusin L 8oo, Aminofusin Päd 6oo, Aminomel LS oder LX 1o salvia, Aminosteril und Infusamin verwendet.

Als hochprozentige Kohlenhydratlösungen dienten Glucoselösung, Glucosteril-Traubenzuckerinfusionslösung, Xylit, Sorbit, Combisteril FGX, Sterofundin und Triofusin jeweils in einer Konzentration ab 2o %.

Verwendete Fettlösungen waren Intralipid und Lipofundin in Konzentrationen von 1o und 2o %.

Faßt man die hochkalorischen Lösungen unter einer Gruppe zusammen, erhält man folgende Ergebnisse (Tabelle 6, Abb. 5, 6 und 7).

Tabelle 6: Infusion hochkalorischer Lösungen (AS, KH, Lipide) in ml und in % der Gesamtmenge des 1. Tages

Erwachsene	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	ml	%	ml	%	ml	%
erste 8 h	226	25	229	22	222	31
zweite 8 h	261	28	286	27	222	31
dritte 8 h	435+	47	536+	51	278	38
1. Tag	922	1oo	1o5o	1oo	722	1oo
2. Tag	1287+	14o	14oo+	133	1111	154
3. Tag	1222	133	1471	14o	833	115
4. Tag	1374	149	1534	147	1ooo	139
5. Tag	1352	147	165o	157	889	123
6. Tag	13o7	142	1558	148	944	131
7. Tag	838+	91	967+	92	667+	92

Kinder	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	ml	%	ml	%	ml	%
1. Tag	6o	1oo	115	1oo	1o	1oo
2. Tag	185	3o8	158	137	21o	21oo
3. Tag	19o	317	242	21o	142	142o
4. Tag	198	33o	338	294	162	162o
5. Tag	298	497	284	247	312	312o
6. Tag	2o8	347	17o	148	241	241o
7. Tag	253	422	25o	217	255	255o

Eine Unterteilung des 1. Tages in drei 8-h-Perioden war bei den Kindern nicht nötig, da die Kinder erst im letzten Tagesdrittel hochkalorische Lösungen erhielten.

a) Erwachsene

Erwachsene erhalten bereits in den ersten acht Stunden nach dem Unfall hochkalorische Lösungen. Beim Gesamtdurchschnitt der Erwachsenen teilt sich die Gesamtmenge des ersten Tages von 922 ml ungefähr auf in je 25 % in den ersten und zweiten acht Stunden und in 5o % in den dritten acht Stunden. Am zweiten Tag zeigt sich eine signifikante Zunahme um das 1,4 fache, und die im folgenden zugeführte Menge bleibt bis zum sechsten Tag in ungefähr derselben Größenordnung. Am siebten Tag ergibt sich ein stärkerer signifikanter Abfall bis auf 1o % unter das Niveau des ersten Tages.

Beim Vergleich der Gruppen A und B zeigt es sich, daß das schwerer verletzte Patientengut am ersten, zweiten und siebten Tag rund 3oo ml mehr kalorische Lösungen erhält, vom dritten bis zum sechsten Tag sogar zwischen 5oo und 8oo ml mehr.

b) Kinder

Kinder erhalten in den ersten 16 Stunden nach dem Verbrennungsunfall keine hochkalorischen Lösungen. Bei den Kindern

zeigen sich größere Schwankungen zwischen den Gruppen A und B mit verschiedenen Verbrennungsausdehnungen. Es können nur die Absolutmengen in ml verglichen werden, da die Prozentzahlen infolge der zu unterschiedlichen Mengen am ersten Tag keine vergleichende Aussagekraft haben.

Kinder der Gruppe A erhalten bereits am ersten Tag hochkalorische Lösungen in nennenswerten Mengen, während die Kinder mit leichteren Verbrennungen fast keine derartigen Infusionen benötigen. Vom zweiten bis zum siebten Tag schwanken die zugeführten Mengen in beiden Gruppen stark. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den aufeinanderfolgenden Tagen.

c) Einteilung der hochkalorischen Lösungen in KH, AS und Fette

Schlüsselt man die hochkalorischen Lösungen in die verschiedenen Stoffgruppen KH, AS und Fette auf, kommt man zu folgenden Ergebnissen (Tabelle 7, Abb. 7). Unterschiede zwischen den Patientengruppen A und B sind so unerheblich, daß sie hier keine Berücksichtigung finden und nur das Gesamtkollektiv betrachtet wird.

Bei den Erwachsenen schwanken die infundierten KH-Lösungen anteilsmäßig zwischen 4o und 67 %, die AS-Lösungen zwischen 33 und 45 %. Lipide werden in den ersten 16 Stunden nach einem Verbrennungsunfall nicht infundiert. Später machen sie durchschnittlich 1/1o der hochkalorischen Infusionen aus.

Bei den Kindern unterliegt der KH-Anteil Schwankungen von 23 bis 61 %. Der AS-Anteil bewegt sich zwischen 33 und 57 %. Die Lipidinfusionen erreichen am ersten Tag mit 2o % ihren höchsten Wert, fallen im Laufe der ersten vier Tage auf 6 % ab und bleiben dann konstant.

Abb.5: Infusion hochkalorischer Lösungen bei Erwachsenen in ml und in % der Menge des 1.Tages

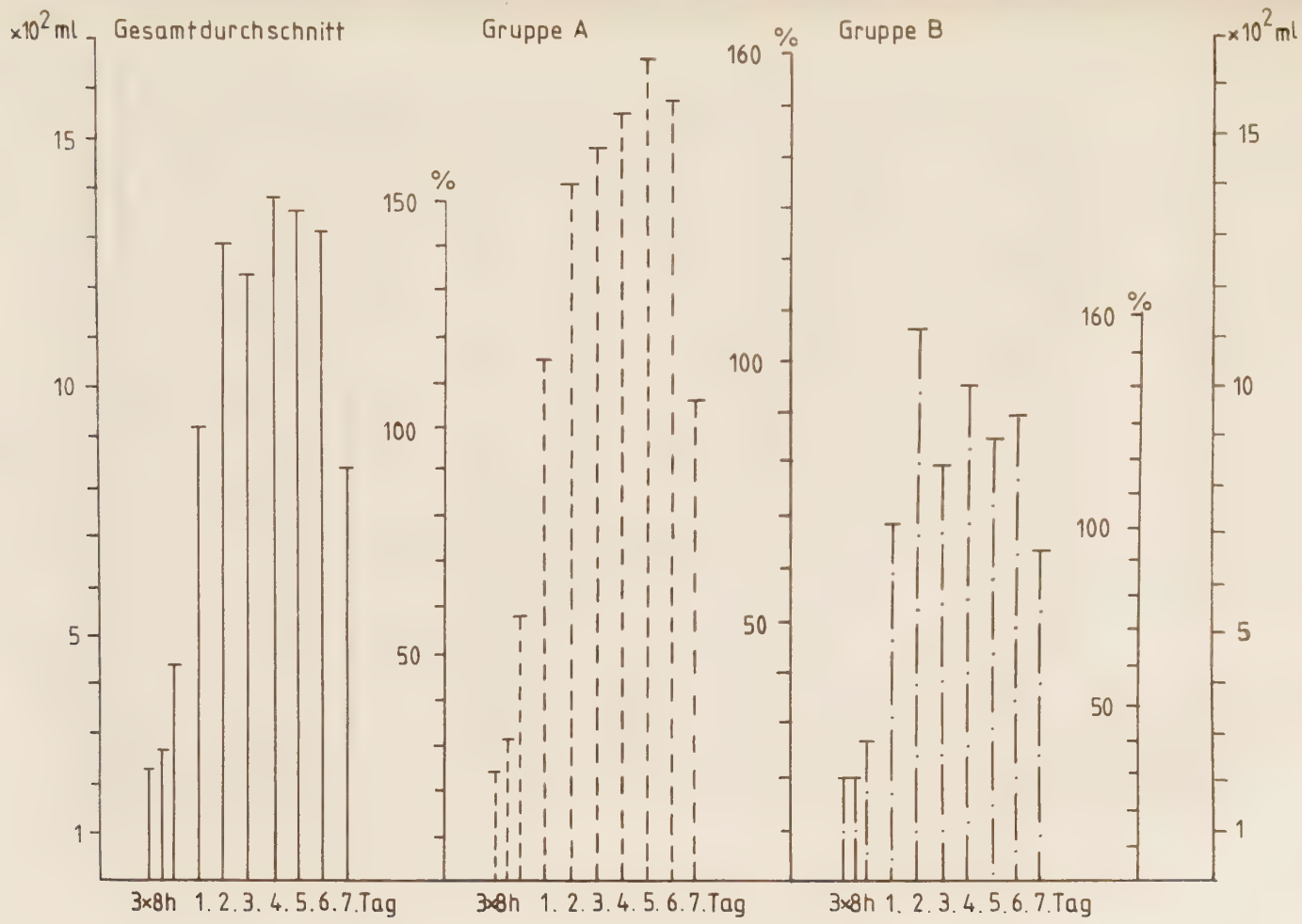


Abb.6: Infusion hochkalorischer Lösungen bei Kindern in ml und in % der Menge des 1.Tages

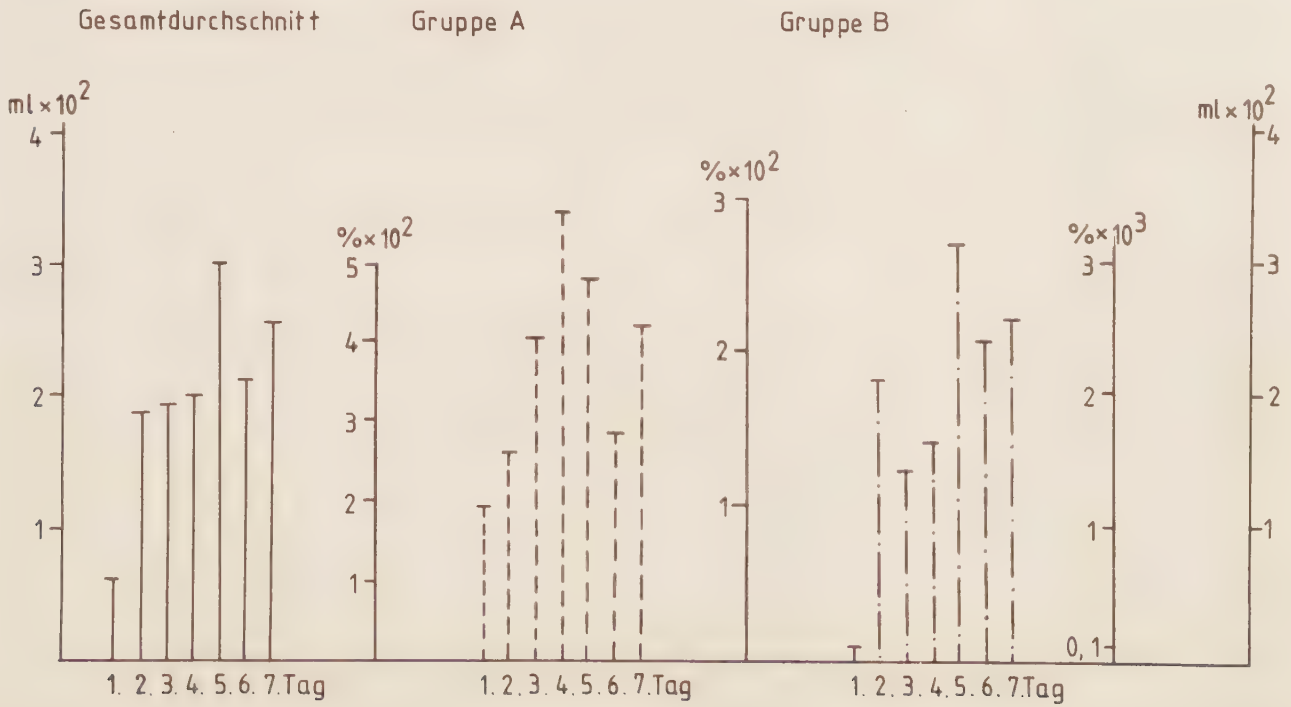
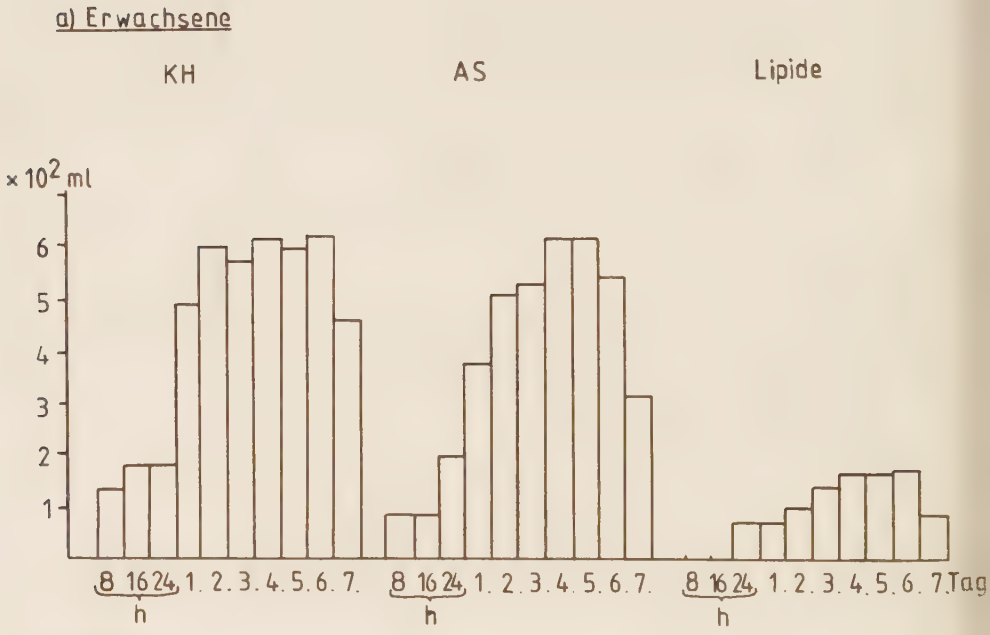


Abb.7: Infusion hochkalorischer Lösungen aufgeschlüsselt in KH, AS und Fette

a) Erwachsene



b) Kinder

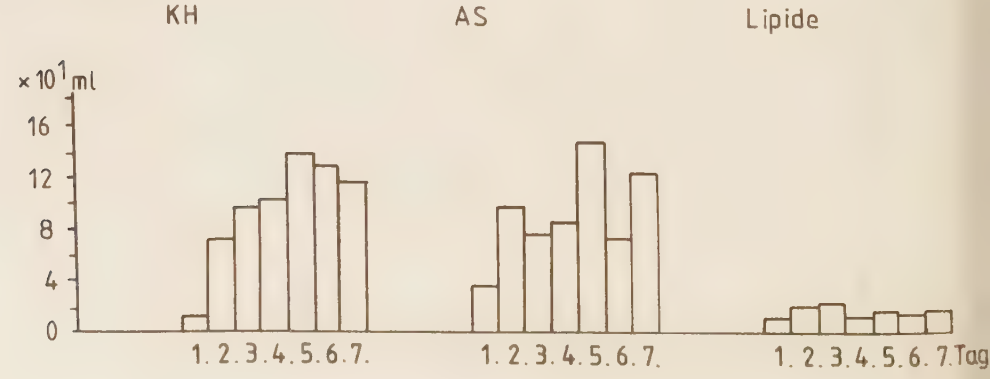


Tabelle 7: Zufuhr hochkalorischer Lösungen aufgeschlüsselt in KH, AS und Fette in ml und in % der Gesamtmenge

Erwachsene	KH ml	AS ml	Fett ml	Gesamtmenge in ml	KH %	AS %	Fett %
erste 8 h	139	87	--	226	62	38	--
zweite 8 h	174	87	--	261	67	33	--
dritte 8 h	174	196	65	435	40	45	15
1. Tag	487	370	65	922	53	40	7
2. Tag	696	500	91	1287	54	39	7
3. Tag	565	522	135	1222	46	43	11
4. Tag	609	609	157	1374	44	44	12
5. Tag	587	609	157	1352	43	45	12
6. Tag	614	534	159	1307	47	41	12
7. Tag	452	310	76	838	54	37	9
Kinder							
1. Tag	14	34	12	60	23	57	20
2. Tag	71	94	20	185	38	50	12
3. Tag	94	74	22	190	49	39	12
4. Tag	102	84	12	198	52	42	6
5. Tag	138	144	16	298	46	48	6
6. Tag	126	69	13	208	61	33	6
7. Tag	114	122	16	253	45	48	6

3.7. Orale Flüssigkeitszufuhr

Außer der parenteral verabreichten Nahrung erhalten die Verbrennungspatienten vom ersten Tag ab oral Flüssigkeit zugeführt. Über die Mengen informiert Tabelle 8 (siehe auch Abb. 8).

Tabelle 8: Oral zugeführte Flüssigkeitsmenge in ml und in % der Menge des ersten Tages

Erwachsene	Gesamtdurchschnitt		Gruppe A		Gruppe B	
	ml	%	ml	%	ml	%
erste 8 h	2o3	28	1o8	22	369	33
zweite 8 h	189	26	133	26	288	25
dritte 8 h	338+	46	259	52	475	42
1. Tag	73o	1oo	5oo	1oo	1132	1oo
2. Tag	1o21+	14o	984+	197	1o88	96
3. Tag	1231	169	1114	223	1435+	127
4. Tag	1378	189	1235	247	1664	147
5. Tag	1543	211	1591+	318	1447	128
6. Tag	175o	24o	2o45+	4o9	12oo	1o6
7. Tag	1675	229	16o2+	32o	18oo+	159
Kinder						
erste 8 h	93	3o	1oo	4o	88	25
zweite 8 h	1o1	32	52	2o	138	38
dritte 8 h	118	38	1oo+	4o	132	37
1. Tag	312	1oo	252	1oo	358	1oo
2. Tag	522	167	338	134	665+	186
3. Tag	6o2	193	443	176	725	2o3
4. Tag	677	217	665	264	686	192
5. Tag	672	215	6o9+	242	72o	2o1
6. Tag	599	192	443+	176	7o8	198
7. Tag	574	184	561	223	582	163

a) Erwachsene

Die Gesamtmenge des ersten Tages verteilt sich annähernd zu je 1/4 auf die ersten und zweiten acht Stunden nach dem Unfall und zu 1/2 auf das letzte Tagesdrittel. In den dritten acht Stunden, wenn die parenteral aufgenommene Infusionsmenge nur noch ca. 17 % der Menge des ersten Tages beträgt, steigt die oral aufgenommene Menge deutlich an. Vom zweiten

Abb. 8: Oral zugeführte Flüssigkeitsmenge in ml

—— Gesamtdurchschnitt ----- Gruppe A —·—· Gruppe B

bis zum sechsten Tag nimmt die orale Flüssigkeitsaufnahme kontinuierlich zu. Am siebten Tag zeigt sich ein leichter Abfall.

Beim Vergleich der Gruppen A und B fällt auf, daß die leichter verletzte Gruppe B am ersten Tag mit ca. 1100 ml über das Doppelte der Menge trinkt, die Gruppe A aufnimmt. Im weiteren Verlauf der Woche gleichen sich die Trinkmengen der beiden Gruppen einander an.

b) Kinder

Betrachtet man den Gesamtdurchschnitt der Kinder, läßt sich die orale Flüssigkeitsmenge annähernd zu je einem Drittel auf die drei 8-h-Perioden verteilen. Bis zum fünften Tag nimmt die Trinkmenge bis ca. auf das 2,2 fache zu und fällt dann bis zum siebten Tag leicht ab.

Vergleicht man die Gruppen A und B, beobachtet man, daß Gruppe B fast stets mehr Flüssigkeit oral aufnimmt als Gruppe A. Die Unterschiede betragen bis zu 300 ml pro Tag.

3.8. Entwicklung einer Verbrennungsformel

Um den Flüssigkeitsbedarf eines Patienten nach einer Verbrennung abzuschätzen, braucht man Anhaltswerte, auf die man sich zunächst stützen kann. Verbrennungsformeln leisten hier eine brauchbare Hilfe. Nach zwei Tagen werden Formeln überflüssig, denn jetzt genügt es, sich an anderen Parametern wie Laborwerten und klinischem Bild zu orientieren.

Um eine Formel aus dem bisher erfaßten Material abzuleiten, benötigt man die Gesamtinfusionsmenge des ersten Tages an kolloidalen und nicht kolloidalen Lösungen. Diese Menge wird gleich 100 % gesetzt. Die drei 8-h-Perioden und der zweite Tag werden in % der Gesamtmenge des ersten Tages ausgedrückt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Die Anteile der Infusionsmengen am ersten und zweiten Tag ausgedrückt in % der Gesamtinfusionsmenge des ersten Tages

Erwachsene		Gesamtdurchschnitt	Gruppe A	Gruppe B
Tagesgesamtmenge	1. Tag	100 %	100 %	100 %
davon in ersten 8 h		49 %	47 %	52 %
zweiten 8 h		34 %	35 %	32 %
dritten 8 h		17 %	18 %	16 %
	2. Tag	47 %	47 %	49 %
Kinder				
Tagesgesamtmenge	1. Tag	100 %	100 %	100 %
davon in ersten 8 h		48 %	47 %	50 %
zweiten 8 h		25 %	24 %	25 %
dritten 8 h		27 %	29 %	25 %
	2. Tag	50 %	48 %	52 %

a) Erwachsene

Aus dem vorliegenden Zahlenmaterial wird deutlich, daß in den ersten 16 Stunden nach der Verbrennung der Hauptteil der Infusionsgesamtmenge des ersten Tages verabreicht wird (rund 83 %). In den ersten acht Stunden erhält der Patient knapp die Hälfte der Tagesration. Die Infusionsmenge der dritten acht Stunden beträgt ziemlich genau die Hälfte der zweiten acht Stunden.

Am zweiten Tag wird knapp 50 % der Menge des ersten Tages infundiert.

b) Kinder

Die Infusionsmenge der ersten acht Stunden macht ebenfalls ca. die Hälfte der Gesamtmenge des ersten Tages aus. In den zweiten und dritten acht Stunden beträgt die applizierte

Menge jeweils ca. 1/4 der Gesamtmenge.

Am zweiten Tag reduziert sich der Infusionswert auf rund die Hälfte des ersten Tages.

Aus den bekannten Größen Gesamtinfusionsmenge des ersten und zweiten Tages, dem Körpergewicht der Patienten und der Prozentzahl der verbrannten Körperoberfläche läßt sich folgende Formel zur Bestimmung des Flüssigkeitsbedarfes nach einer Verbrennung berechnen.

<u>Für Erwachsene:</u>

3,2 ml x kg KG x % verbrannte KO = Gesamtinfusionsmenge in ml am ersten Tag

davon 1/2 in ersten 8 h
1/3 in zweiten 8 h
1/5 in dritten 8 h

Relation Kolloid : kolloidfreier Lösung =
25 % : 75 % am ersten Tag
3o % : 7o % am zweiten Tag

<u>FÜr Kinder:</u>

8,2 ml x kg KG x % verbrannte KO = Gesamtinfusionsmenge in ml am ersten Tag

davon 1/2 in ersten 8 h
1/4 in zweiten 8 h
1/4 in dritten 8 h

Relation Kolloid : kolloidfreier Lösung =
2o % : 8o % am ersten Tag
25 % : 75 % am zweiten Tag

Es wird deutlich, daß der kindliche Flüssigkeitsbedarf den Erwachsenenbedarf um 5 ml / kg KG / % verbrannte KO übersteigt.

Die beiden Formeln darf man jedoch nicht als starre Richtwerte betrachten. Sie dienen lediglich als Orientierung. Den Bedarf steuert immer der Patient selbst und nicht eine Formel.

Um die Angemessenheit der anhand der Formel berechneten Flüssigkeitsmenge zu beurteilen, müssen verschiedene Parameter Beachtung finden, die im folgenden besprochen werden.

3.9. Diurese, spezifisches Uringewicht, Diuretikagabe Urinelektrolyte

Ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung einer adäquaten Flüssigkeitstherapie stellt die Nierenfunktion dar, überwacht anhand der stündlichen Diurese und des spezifischen Uringewichtes.

Die folgende Tabelle und Abbildung 9 geben eine Übersicht über die in Würzburg beobachteten Diuresewerte und die entsprechenden spezifischen Uringewichte.

Tabelle 10: Diurese in ml/Tag und /h und spez. Uringewicht

Erwachsene			
	Diurese ml/Tag	ml/h	spez. Gewicht
1. Tag	2768 ± 796	115	1o17 ± 6
2. Tag	2321 ± 887+	97	1o19 ± 7
3. Tag	2o17 ± 774	84	1o22 ± 6
4. Tag	2145 ± 775	89	1o2o ± 6
5. Tag	2129 ± 759	89	1o21 ± 6
6. Tag	2272 ± 759	95	1o21 ± 6
7. Tag	21o1 ± 85o	88	1o2o ± 6
Kinder			
1. Tag	1326 ± 658	55	1o13 ± 5
2. Tag	11o4 ± 522+	46	1o12 ± 3
3. Tag	1o13 ± 436	42	1o15 ± 8
4. Tag	972 ± 461	4o	1o15 ± 6
5. Tag	12o3 ± 577+	5o	1o17 ± 8
6. Tag	1232 ± 616	51	1o14 ± 5
7. Tag	15oo ± 67o	63	1o14 ± 7

Die Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen A und B mit unterschiedlicher Verbrennungsausdehnung waren bei Erwachsenen und Kindern an keinem Tag signifikant, so daß sie hier vernachlässigt werden.

Diuretika (Lasix, Mannit) zur Verbesserung der Nierenfunktion wurden wie im folgenden beschrieben verabreicht.

Tabelle 11: Diuretikagabe (Lasix, Mannit)

	Erwachsene		Kinder	
	Anzahl der Patienten	% des Gesamtpatientengutes	Anzahl der Patienten	% des Gesamtpatientengutes
1. Tag	7	3o %	13	52 %
2. Tag	7	3o %	15	6o %
3. Tag	6	26 %	13	52 %
4. Tag	7	3o %	12	48 %
5. Tag	9	39 %	1o	4o %
6. Tag	9	39 %	13	52 %
7. Tag	6	26 %	9	36 %

Aus dem 24-h-Sammelurin wurden die Elektrolyte Natrium, Kalium und Chlorid in mval / 24 h bestimmt.

Die gemessenen Werte gibt die folgende Tabelle wieder.

Tabelle 12: Urinelektrolyte aus dem 24-h-Sammelurin in mval / 24 h

Erwachsene			
	Natrium	Kalium	Chlorid
1. Tag	96 ± 32	41 ± 23	95 ± 6o
2. Tag	9o ± 35	59 ± 36	95 ± 36
3. Tag	94 ± 45	35 ± 13	85 ± 34
4. Tag	77 ± 42	44 ± 24	86 ± 4o
5. Tag	8o ± 5o	48 ± 26	82 ± 58
6. Tag	1o7 ± 32	49 ± 14	118 ± 43
7. Tag	57 ± 36	33 ± 1o	111 ± 41

Fortsetzung Tabelle 12

Kinder			
	Natrium	Kalium	Chlorid
1. Tag	74 ± 22	23 ± 12	74 ± 16
2. Tag	86 ± 36	37 ± 24	72 ± 35
3. Tag	95 ± 33	29 ± 13	79 ± 29
4. Tag	86 ± 32	33 ± 19	86 ± 34
5. Tag	96 ± 37	28 ± 15	81 ± 48
6. Tag	98 ± 36	24 ± 14	86 ± 3o
7. Tag	98 ± 17	23 ± 16	83 ± 22

a) Erwachsene

Das Maximum der Diurese ist am ersten Tag mit 115 ml / h erreicht. Bis zum dritten Tag nimmt die Diurese signifikant um rund 3o ml / h ab. Ab dem vierten Tag zeigt sich ein erneuter leichter Anstieg mit einem Maximum am sechsten Tag.

Das spezifische Uringewicht ist entsprechend der hohen Diurese am ersten Tag am niedrigsten (1o17) und steigt dann mit abnehmender Diurese bis zum dritten Tag an. Insgesamt schwankt das spezifische Uringewicht durchschnittlich zwischen 1o17 und 1o22. Die Unterschiede an den einzelnen Tagen sind nicht signifikant.

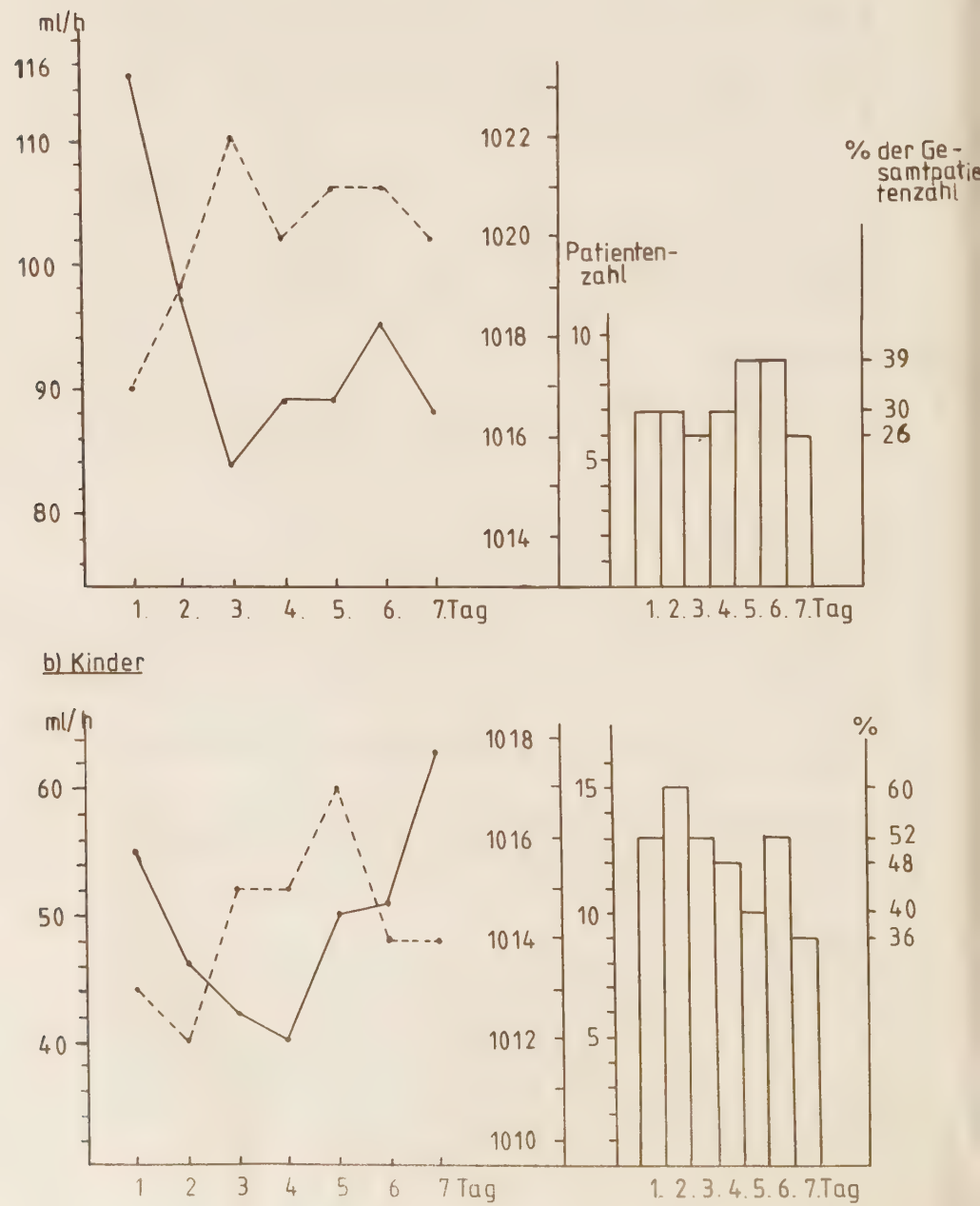
26 bis 35 % der Patienten benötigen Diuretika, um eine ausreichende Diurese zu erhalten.

Die Elektrolytausscheidung im Urin unterliegt großen Schwankungen. Infolge der Empfindlichkeit des Parameters ergeben sich enorme Streuungsbreiten.

b) Kinder

Das Maximum der Diurese zeigt sich nicht wie bei den Erwachsenen am ersten, sondern am siebten Tag. Am ersten Tag wird mit 55 ml / h nur der zweithöchste Wert erreicht. Am zweiten Tag zeigt sich ein signifikanter Abfall der Diuresemenge. Bis zum vierten Tag sinkt die stündliche Urinproduktion ab, steigt dann aber erneut signifikant an und erreicht am

Abb.9: Diurese, spez. Uringewicht und Diuretikagabe



siebten Tag ihr Maximum.

Das spezifische Uringewicht liegt insgesamt niedriger als bei den Erwachsenen und schwankt zwischen 1o12 und 1o17. Es ergeben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den ersten sieben Tagen.

Die Diuretikagabe steigt vom ersten zum zweiten Tag an und sinkt dann bis zum fünften Tag. Am sechsten Tag wird noch einmal die hohe Rate vom dritten und vom ersten Tag erreicht, am siebten Tag ergibt sich ein Minimum (36 %).

Für die Urinelektrolyte gilt dasselbe wie bei den Erwachsenen.

3.1o. Hämoglobin- und Hämatokritwerte

Die Bestimmung von Hämoglobin und Hämatokrit in anfangs 2, später 4, 6, 12 und 24 stündigen Intervallen dient ebenfalls der Regulierung der Flüssigkeitszufuhr gemäß dem aktuellen Bedarf des Patienten.

Folgende Werte wurden gemessen (Tabelle 13 und 14, Abb. 1o u. 11).

Tabelle 13: Hb-Werte in g/ 1oo ml Blut

Erwachsene			
	Gesamtdurchschnitt	Gruppe A	Gruppe B
8 h	14,7 ± 2,o	15,2 ± 1,o	14,o ± 2,8
16 h	15,3 ± 1,6	15,5 ± 1,6	15,1 ± 1,6
24 h	15,4 ± 1,4	15,5 ± 1,6	15,2 ± 1,o
2. Tag	14,6+ ± 1,5	14,3+ ± 1,7	15,1 ± o,8
3. Tag	13,7+ ± 1,5	13,1+ ± 1,6	14,5 ± o,8
4. Tag	13,2+ ± 1,6	12,8 ± 1,7	13,8 ± 1,4
5. Tag	12,2+ ± 1,6	11,8+ ± 1,7	12,9+ ± 1,4
6. Tag	11,8 ± 1,6	11,4 ± 1,2	12,5 ± 1,9
7. Tag	11,9 ± 1,5	11,5 ± 1,3	12,6 ± 1,7

Fortsetzung Tabelle 13

Kinder			
	Gesamtdurchschnitt	Gruppe A	Gruppe B
8 h	14,0 ± 2,1	14,1 ± 2,5	13,9 ± 1,8
16 h	14,0 ± 1,7	14,2 ± 2,0	13,7 ± 1,7
24 h	13,8 ± 1,6	13,8 ± 1,6	13,8 ± 1,7
2. Tag	12,4+ ± 1,3	12,1+ ± 1,1	12,7+ ± 1,4
3. Tag	11,3+ ± 1,1	11,3+ ± 0,9	11,4+ ± 1,3
4. Tag	10,8+ ± 1,3	10,7+ ± 1,1	10,9 ± 1,5
5. Tag	10,3 ± 1,2	10,4 ± 1,5	10,3 ± 0,9
6. Tag	10,1 ± 1,2	10,3 ± 1,4	10,0 ± 0,9
7. Tag	10,2 ± 1,4	10,1 ± 1,4	10,3 ± 1,4

Tabelle 14: Hämatokritwert in %

Erwachsene			
	Gesamtdurchschnitt	Gruppe A	Gruppe B
8 h	43,6 ± 5,9	44,7 ± 3,8	42,0 ± 8,2
16 h	45,4 ± 5,2	45,6 ± 6,5	45,1 ± 2,3
24 h	45,2 ± 4,2	45,5 ± 5,0	44,7 ± 2,6
2. Tag	43,2+ ± 4,9	42,9+ ± 5,4	43,7 ± 4,1
3. Tag	40,6+ ± 5,1	39,0+ ± 5,4	43,1 ± 3,7
4. Tag	38,4+ ± 5,6	37,1+ ± 5,9	40,3+ ± 4,7
5. Tag	36,2+ ± 4,7	35,3 ± 4,7	38,0+ ± 4,5
6. Tag	35,5 ± 4,4	34,5 ± 3,5	37,2 ± 5,4
7. Tag	36,4 ± 4,5	35,8 ± 4,8	37,3 ± 4,2
Kinder			
8 h	41,1 ± 6,4	40,3 ± 7,7	41,8 ± 5,1
16 h	40,5 ± 5,3	39,7 ± 6,2	41,2 ± 4,4
24 h	40,3 ± 5,3	40,5 ± 6,0	40,2 ± 4,7
2. Tag	36,7+ ± 4,3	35,7 ± 3,5	37,7 ± 4,8
3. Tag	33,6+ ± 3,0	33,1+ ± 2,2	34,2+ ± 3,6
4. Tag	32,5+ ± 4,6	31,7+ ± 3,6	33,2 ± 5,4
5. Tag	31,3 ± 3,6	31,4 ± 4,1	31,1 ± 3,1
6. Tag	30,5 ± 4,1	30,4 ± 4,7	30,6 ± 3,8
7. Tag	30,5 ± 4,7	30,0 ± 4,9	30,9 ± 4,8

a) Erwachsene

Die Hb-Werte weisen in den ersten drei 8-h-Perioden keine signifikanten Unterschiede auf. Vom ersten auf den zweiten und vom zweiten auf den dritten Tag beobachtet man annähernd dieselben Verluste, die vom dritten auf den vierten Tag auf die Hälfte zurückgehen, sich aber bis zum fünften Tag wieder verdoppeln. Vom fünften auf den sechsten Tag kommt es zu einer Verringerung der Verlustrate und ab dem sechsten Tag zu einer langsamen Konsolidierung.

Der Hb-Anstieg in den ersten 16 h ist bei Gruppe B um das 4 fache höher als bei Gruppe A. Am Ende des ersten Tages haben beide Gruppen ähnliche Werte erreicht. Die schwerer verletzte Gruppe A zeigt nun bis zum Ende der ersten Woche durchschnittlich einen um 1,o g % niedrigeren Wert als Gruppe B.

Der Hk-Wert zeigt im Durchschnitt in der ersten Woche einen Gesamtabfall von 9,9 %. Vom ersten bis zum fünften Tag verringert sich der Hk täglich um 2 bis 2,6 %. Ab dem fünften Tag mäßigt sich der tägliche Abfall, und am sechsten Tag kommt es bereits wieder zu einem Anstieg (o,9 %).

Beim Vergleich der Gruppen A und B zeigt sich, daß bei der leichter verletzten Gruppe B der Hk durchschnittlich 2 bis 3 % höher liegt als bei Gruppe A. Der Unterschied ist nur am dritten Tag signifikant.

b) Kinder

Hb-Werte: Bei den Kindern kommt es am ersten Tag nicht zu einer Hb-Zunahme. Es fällt bereits in den dritten 8 h um o,2 g %. In den ersten drei Tagen sind die Hb-Verluste am größten (je 2,7 %), höher als bei den Erwachsenen (je 1,6 g %). Ab dem dritten Tag verringern sich die Verluste ständig bis zum sechsten Tag. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen A und B zeigen sich nicht.

Hk-Werte: In den ersten sieben Tagen kommt es im Gesamtdurchschnitt zu einem Hk-Abfall von 1o,6 %. Ein Hk-Anstieg am ersten Tag kann vermieden werden. Es kommt vielmehr

Abb. 10. Hb in g/100 ml Blut und Hk in % bei Erwachsenen

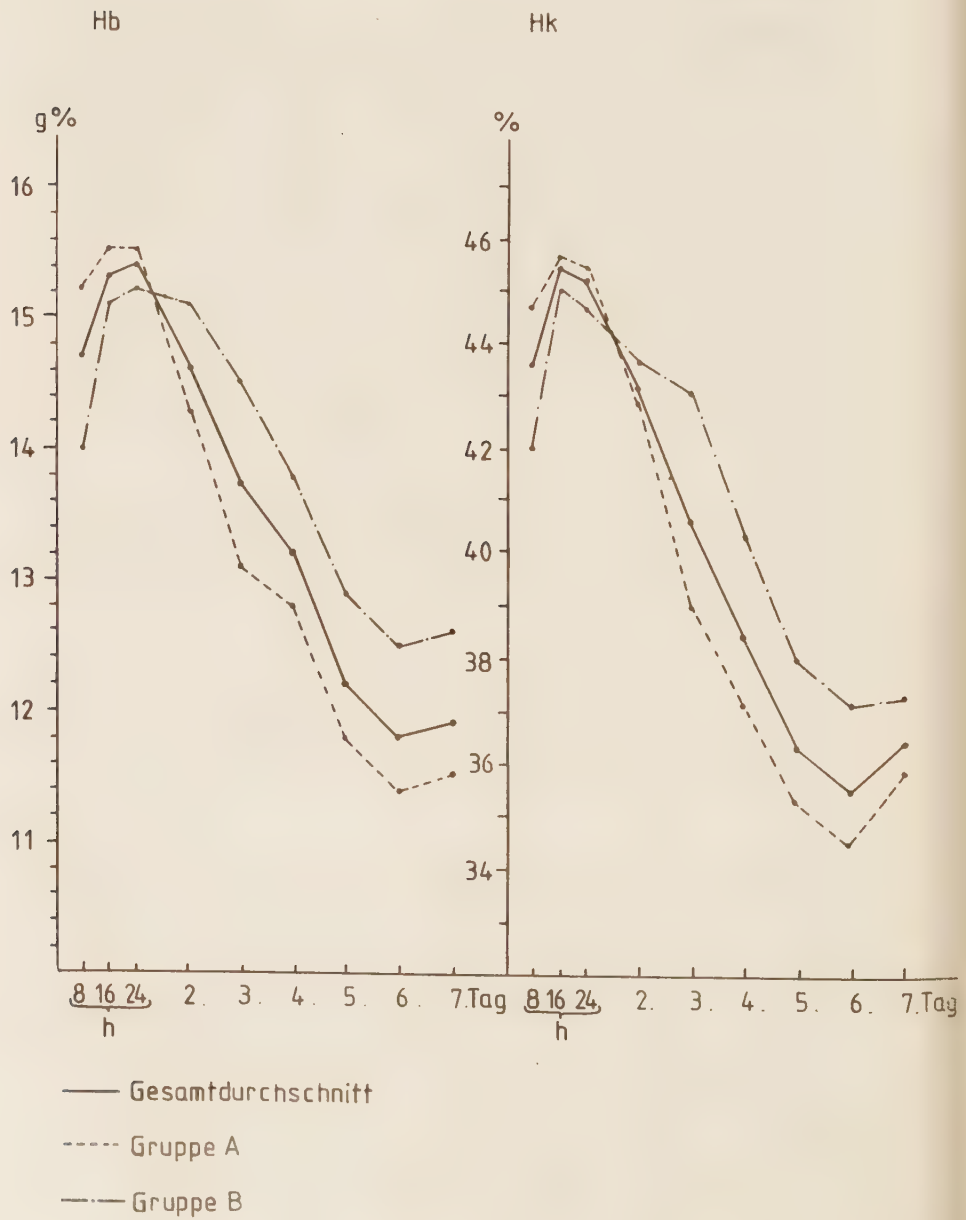
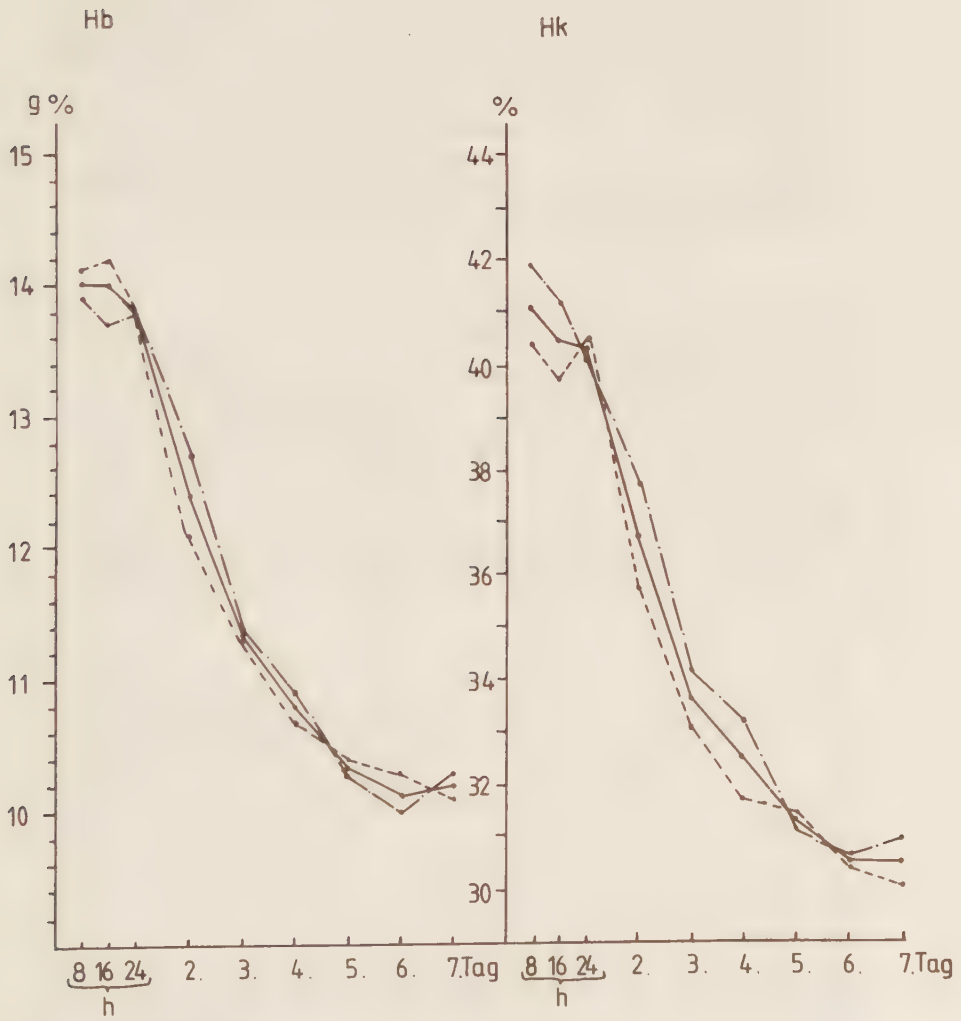


Abb.11: Hb in g/100 ml Blut und Hk in % bei Kindern



unter der schon beschriebenen Infusionstherapie zu einer leichten Hk-Erniedrigung von o,8 %. Vom ersten auf den zweiten Tag und vom zweiten auf den dritten Tag ist die Hk-Abnahme mit 3,4 % und 3,1 % am höchsten. Vom dritten bis zum sechsten Tag beträgt die Hk-Erniedrigung ca. 1/3 der beiden vorhergehenden Tage (o,8 - 1,2 %).

Gruppe A zeigt in den ersten vier Tagen einen schnelleren Hk-Abfall als Gruppe B. Ab dem fünften Tag gleichen sich die ermittelten Werte einander stark an. Signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen traten nicht auf.

3.11. Blut und Erythrozytenkonzentrate

Anhand von Hb und Hk wird beurteilt, ob die Transfusion von Blutkonserven oder Erythrozytenkonzentraten nötig ist.

Tabelle 15 gibt Auskunft über die Menge der verabreichten Blutkonserven und Erythrozytenkonzentrate.

Tabelle 15: Transfundierte Blutkonserven und Erythrozytenkonzentrate mit den vorher gemessenen Hb-Werten der jeweiligen Patienten

Erwachsene				
	Blut		Erythrozytenkonzentrate	
	Patienten-zahl	Hb	Patienten-zahl	Hb
1. Tag	-	-	-	-
2. Tag	-	-	-	-
3. Tag	1	1o,7	-	-
4. Tag	1	11,5	-	-
5. Tag	2	1o/9	-	-
6. Tag	2	9,8/1o,5	-	-
7. Tag	-	-	1	8,7

a) Erwachsene

Am ersten und zweiten Tag wird kein Blut transfundiert. Ein

Patient erhält vom dritten bis zum sechsten Tag 5oo ml Blut täglich, am vierten Tag sogar 1ooo ml (Hb : 1o,7/ 11,5/ 1o,o/ 9,8). Ein weiterer Patient bekommt am fünften und sechsten Tag je 5oo ml Blut (Hb : 9,o/ 1o,5). Einer dritten Patientin werden am siebten Tag zwei Erythrozytenkonzentrate verabreicht (Hb : 8,7). Insgesamt erhalten nur drei Patienten Blut oder Erythrozytenkonzentrate, das entspricht 13 % aller erwachsenen Personen.

Tabelle 16: Transfundierte Blutkonserven und Erythrozytenkonzentrate mit den vorher gemessenen Hb-Werten der jeweiligen Patienten

Kinder				
	Blut		Erythrozytenkonzentrate	
	Patienten-zahl	Hb	Patienten-zahl	Hb
1. Tag	1	8,4	1	11
2. Tag	1	11,4	1	1o,3
3. Tag	1	9,7	1	1o,8
4. Tag	2	9,1/8	3	9,1/9,1/1o
5. Tag	1	8,3	3	9,8/1o,3/1o,5
6. Tag	-	-	3	8,5/8,5/1o,2
7. Tag	5	8,3/8,5/9,4 1o/11,2	-	-

b) Kinder

6o % der Kinder benötigen im Laufe der ersten Woche Blut oder Erythrozytenkonzentrate. Bereits in den ersten acht Stunden nach dem Unfall erhält ein 6jähriger Patient mit einer 45%igen Verbrühung bei einem Hb von 8,4 25o ml Vollblut. Ein weiteres Kind bekommt in den ersten acht Stunden 1oo ml Erythrozytenkonzentrat bei einem Hb von 11,o (5 Jahre, 3o % Verbrühung). Dieses Kind erhält bis zum sechsten Tag täglich weitere Erythrozytenkonzentrate (Hb: 1o,3/ 1o,8/ 1o,o/ 1o,3/ 1o,2). Das niedrigste Hb mit 8,o g % erreicht ein 14 Monate alter Säugling mit einer 25%igen Verbrühung am vierten Tag,

das aber mit 250 ml Vollblut am nächsten Tag auf 11,1 g % erhöht werden kann.

3.12. Serumgesamteiweiß und Serumelektrolyte Na, K, Cl und Ca

Wichtige Größen, die nach Verbrennungen ständig kontrolliert werden müssen, sind das Serumgesamteiweiß und die Serumelektrolyte, die je nach der Schwere der Verletzung und nach dem klinischen Bild in 4, 6, 8, 12 oder 24 stündigen Intervallen bestimmt werden.

Die Unterschiede, die zwischen den Gruppen A und B festgestellt wurden, sind nicht signifikant und so unerheblich, daß sie hier vernachlässigt werden können.

Nachfolgende Tabellen 17 bis 23 und die Abbildungen 12 und 13 informieren über die ermittelten Werte

Tabelle 17: Serumgesamteiweiß in g/ 100 ml Blut

	Erwachsene	Kinder
1. Tag	5,8 ± 0,7	5,5 ± 0,8
2. Tag	5,7 ± 0,7	5,5 ± 0,9
3. Tag	5,7 ± 0,6	5,7 ± 0,6+
4. Tag	5,6 ± 0,5+	5,9 ± 0,6
5. Tag	5,9 ± 0,8+	5,7 ± 0,6
6. Tag	6,2 ± 0,6	6,2 ± 0,8
7. Tag	5,8 ± 0,6	6,3 ± 0,6

a) Erwachsene

Bis zum vierten posttraumatischen Tag sinkt das Serumgesamteiweiß signifikant ab um 0,2 g %. Am vierten Tag ist das Minimum mit 5,6 g % erreicht. Der signifikante Anstieg um 0,3 g % vom vierten auf den fünften Tag leitet eine stetige Verbesserung des Eiweißbestandes ein.

b) Kinder

Bei den Kindern zeigt sich bereits vom zweiten auf den

dritten Tag eine signifikante kontinuierliche Besserung der Serumeiweißsituation mit Erreichen der unteren Grenze des Normalwertes.

Tabelle 18: Serumnatrium im mval/ l; Normalwert 137-147 mval/l

	Erwachsene	Kinder
1. Tag	136 ± 5,o	137 ± 4,o
2. Tag	138 ± 3,5	138 ± 4,o
3. Tag	139 ± 5,3	141 ± 4,o
4. Tag	139 ± 4,8	14o ± 5,o
5. Tag	141 ± 3,9	14o ± 5,o
6. Tag	14o ± 5,6	139 ± 5,o
7. Tag	139 ± 6,o	138 ± 4,o

Die Durchschnittswerte von Kindern und Erwachsenen schwankten im Normalbereich. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Tagen.

Ein Ausgleich zu niedriger Natriumserumwerte durch parenterale Zufuhr von NaCl-Konzentraten zusätzlich zu den ohnehin infundierten Elektrolytlösungen war realtiv selten nötig.

Tabelle 19: Anzahl der Patienten, die NaCl-Konzentrate bekamen mit den jeweils vorher gemessenen Na-Serumwerten

	Erwachsene			Kinder		
	Anzahl		Na-Serumwerte	Anzahl		Na-Serumwerte
1. Tag	1	4 %	134	3	12 %	136/133/129
2. Tag	5	22 %	139/139/135/133/	-	-	-
3. Tag	4	17 %	138/137/134/132	3	12 %	139/138/137
4. Tag	4	17 %	138/135/132/131	2	8 %	136/132
5. Tag	2	9 %	135/133	-	-	-
6. Tag	2	9 %	136/132	-	-	-
7. Tag	-	-	-	2	8 %	134/134

Tabelle 2o: Serumkalium in mval/ l; Normalwert 3,6-4,5 mval/l

	Erwachsene	Kinder
1. Tag	3,8 ± o,5	4,o ± o,7
2. Tag	4,o ± o,4	4,o ± o,6
3. Tag	4,o ± o,5	3,6 ± o,6
4. Tag	3,8 ± o,5	3,7 ± o,5
5. Tag	3,8 ± o,4	3,7 ± o,4
6. Tag	4,2+ ± o,4	4,3+ ± o,5
7. Tag	4,1 ± o,5	4,o ± o,5

Die Serumkaliumwerte bewegten sich durchschnittlich ebenfalls an der unteren Grenze des Normalwertbereiches. Es zeigten sich allerdings häufig auch therapiebedürftige Abweichungen nach unten, die mit KCl- oder K-Laktat-Konzentraten (je nach der Serumchloridsituation) behandelt wurden.

Tabelle 21: Parenteral zugeführte KCl- bzw. K.Laktat-Konzentrate

	Erwachsene			Kinder		
	Anzahl		K-Serumwerte	Anzahl		K-Serumwerte
1. Tag	12	52 %	2,6 - 3,7	7	28 %	3,2 - 3,8
2. Tag	12	52 %	3,4 - 3,9	6	24 %	3,1 - 3,9
3. Tag	12	52 %	3,o - 3,9	7	28 %	2,8 - 3,9
4. Tag	13	57 %	3,1 - 3,5	8	32 %	3,4 - 3,8
5. Tag	8	35 %	3,3 - 3,4	9	36 %	3,1 - 3,6
6. Tag	9	39 %	3,4 - 3,6	9	36 %	3,4 - 3,8
7. Tag	1o	43 %	3,2 - 3,6	6	24 %	3,o - 3,8

Über 5o % der Erwachsenen erhielten in den ersten vier Tagen K-Konzentrate. Ab dem fünften Tag nahm der zusätzliche Kaliumbedarf leicht ab.

24 bis 36 % der Kinder benötigten Kaliumkonzentrate.

Tabelle 22: Serumchlorid in mval/l; Normalbereich 94-11o mval/l

	Erwachsene	Kinder
1. Tag	1o1 ± 6,5	1o1 ± 5,o
2. Tag	1o1 ± 5,8	1o1 ± 6,o
3. Tag	1oo ± 5,2	1o2 ± 6,3
4. Tag	1o1+ ± 5,1	1o3 ± 6,4
5. Tag	1o2 ± 5,6	1o1 ± 8,5
6. Tag	1o1 ± 5,4	1oo ± 5,3
7. Tag	1oo ± 4,2	1oo ± 5,7

Die durchschnittlichen Serumchloridwerte schwankten bei Kindern und Erwachsenen im Normalbereich.

Tabelle 23: Serumcalcium in mval/l; Normalbereich 4,5-5,5 mval/l

	Erwachsene	Kinder
1. Tag	4,1 ± o,4	4,3 ± o,5
2. Tag	4,3 ± o,3	4,4 ± o,4
3. Tag	4,4 ± o,3	4,4 ± o,5
4. Tag	4,2 ± o,3	4,5 ± o,3
5. Tag	4,2 ± o,3	4,3 ± o,5
6. Tag	4,2 ± o,3	4,6 ± o,4
7. Tag	4,3 ± o,3	4,5 ± o,4

Die Serumcalciumwerte bewegten sich bei Kindern und Erwachsenen durchschnittlich im unteren Normalbereich. Die kindlichen Konzentrationen lagen insgesamt etwas höher als die Erwachsenenwerte. Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Tagen ergaben sich nicht.

Therapiebedürftige Serumcalciumkonzentrationen erreichten nur zwei erwachsene Patienten (Serum-Ca bei 3,6 und 3,7) und zwei Kinder (Serum-Ca bei 2,8 und 3,3). Die benötigten Calciumionen wurden als Calciumchloridkonzentrat zugeführt.

Abb. 12: Serumgesamteiweiß und Serumelektrolyte bei Erwachsenen

—— Mittelwert

---- Standardabweichung

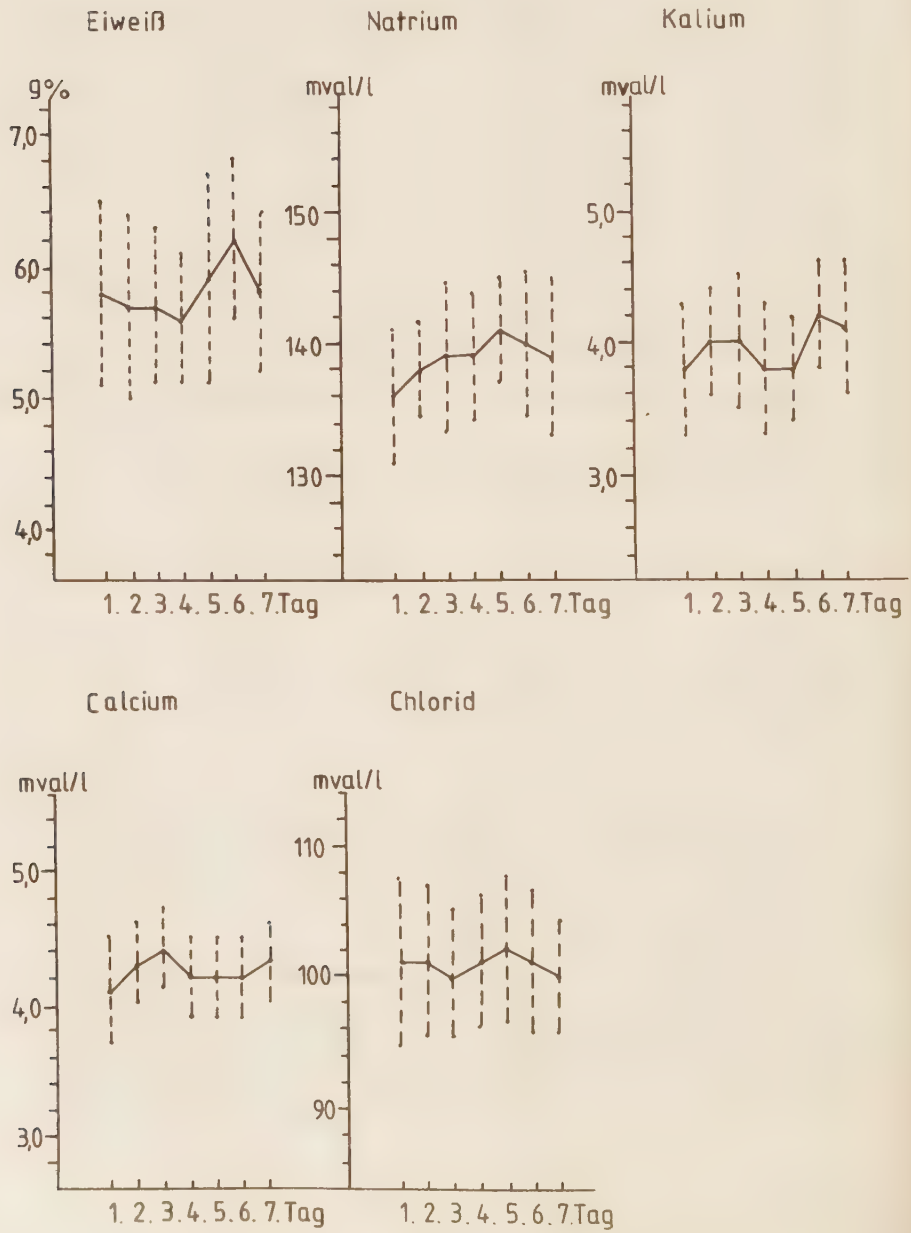
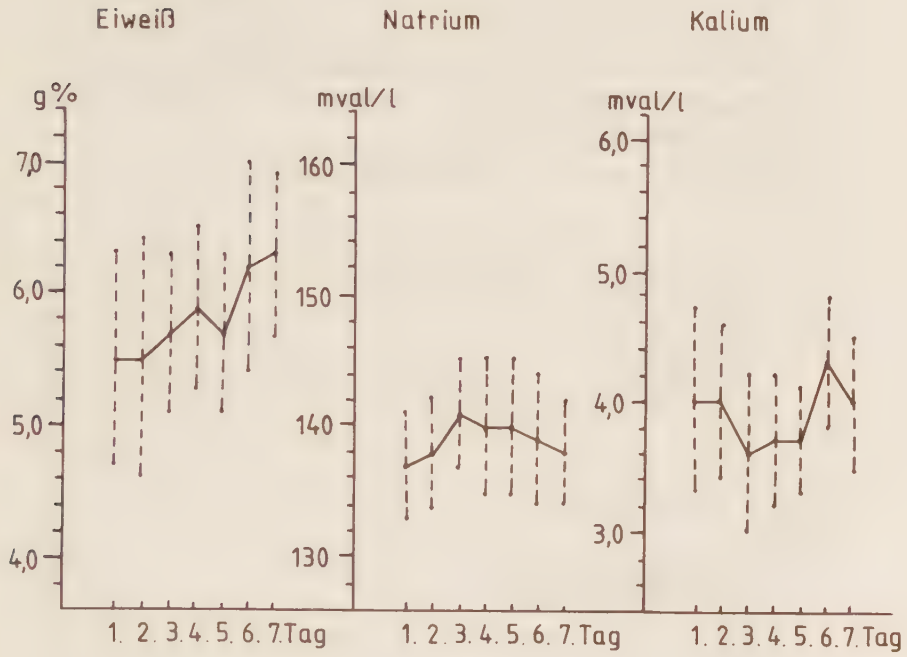
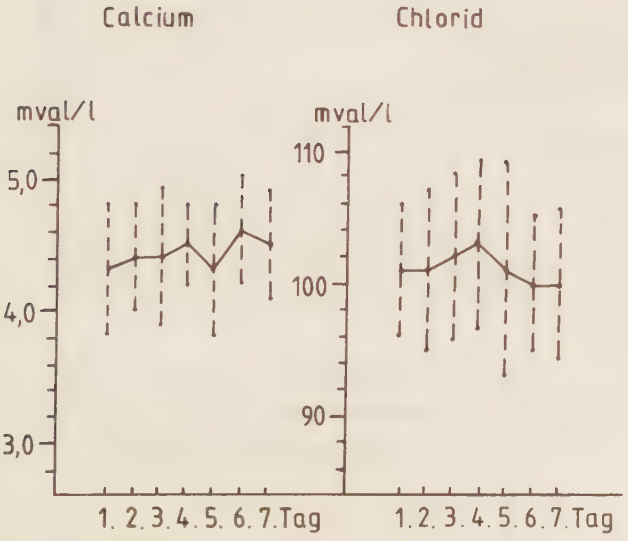


Abb.13: Serumgesamteiweiß und Serumelektrolyte bei Kindern

——— Mittelwert

----- Standardabweichung





3.13. Komplikationen und Todesfälle

Um die hier vorliegende Statistik zu vervollständigen, werden abschließend noch die Anzahl und die Art der Komplikationen während des Heilungsverlaufes und die Zahl und Ursachen der Todesfälle betrachtet. Zunächst ein tabellarischer Überblick (Tabelle 24).

Tabelle 24: Anzahl und Art der Komplikationen

	Erwachsene	Kinder
Gesamtpatientenzahl	23 (1oo %)	25 (1oo %)
Überlebende	18 (78 %)	2o (8o %)
Verstorbene	5 (22 %)	5 (2o %)
Überlebende		
a) ohne Komplikationen	6	1o
b) mit Komplikationen	12	1o
davon		
1. verbrennungsspezifische Komplikationen		
Fieber ≧ 39,o° C	1o	1o
Bronchopneumonie	-	1
Herzstillstand	-	1
Vorderwandinfarkt	1	-
2. verbrennungsunspezifische Komplikationen		
Allergie auf Tetanusprophylaxe	1	-
endogene Depression	1	-
Alkoholentzugsdelir	2	-

16 Verbrennungspatienten zeigten im gesamten Genesungsprozeß keinerlei Komplikationen, 22 hatten einen Heilungsverlauf mit Komplikationen und 1o Patienten überlebten ihre Verletzungen nicht.

Betrachtet man die Art der Komplikationen, fällt auf, daß Schüttelfrost und intermittierendes Fieber mit Temperaturspitzen bis 4o° C bei weitem an erster Stelle stehen.

Eine generalisierte Sepsis mit positiver Blutkultur als Ursache des Fiebers konnte in keinem Fall nachgewiesen werden.

Bei den Erwachsenen kam als verbrennungsspezifische Komplikation ein frischer Vorderwandinfarkt hinzu. Bei den Kindern ergab sich ein Fall mit Herzstillstand am ersten Tag nach der Verbrennung, der erfolgreich reanimiert werden konnte. Am dritten Tag bekam derselbe Patient zusätzlich eine Bronchopneumonie.

Verbrennungsunspezifische Komplikationen traten nur bei den Erwachsenen auf (vier Fälle). Zwei Patienten kamen am dritten bzw. vierten Tag ihres Krankenhausaufenthaltes in ein schweres Alkoholentzugsdelir. In einem Fall kam es zu einer Allergie auf die routinemäßige Tetanusprophylaxe. Bei einer Patientin zeigte sich eine wiederauflebende endogene Depression.

Als typische Todesursache des Verbrennungspatienten erwies sich das "Allgemeine Herz- und Kreislaufversagen toxischer Genese", was die durchgeführten Obduktionen bestätigten (Tabelle 25).

Weitere mit zum Tode führende Komplikationen traten wie folgt auf: das Lungenödem in vier Fällen, die Bronchopneumonie und die Leberverfettung in je drei Fällen und das Hirnödem und die Nierentubulusschädigung in je zwei Fällen.

Die sonst häufig bei Verbrennungspatienten beobachteten Komplikationen der Schockniere, der allgemeinen Immunabwehrinsuffizienz, des paralytischen Ileus und des Magengeschwürs (Curling Ulcus) wurden in Würzburg in keinem Fall beobachtet.

Tabelle 25: Todesursachenstatistik

Erwachsene

Nr.	Patient	Alter	% verbrannte Körperoberfläche	Grad der Verbrennung	Eintritt des Todes nach x Tagen
1	männl.	19 J.	4o %	II u. III	7
2	weibl.	77 J.	28 %	II u. III	16
3	weibl.	79 J.	3o %	II u. III	38
4	weibl.	57 J.	4o %	II u. III	1o
5	männl.	67 J.	5o %	II u. III	6

Nr.	Sektion	Todesursache	Sektionsnebenbefunde
1	+	Herz- und Kreislaufversagen toxischer Genese	Lungenödem, Leberverfettung
2	-	"	-
3	-	"	-
4	-	"	-
5	+	"	Alter HW-Infarkt, stenosierende Koronarsklerose, Lungenödem

Fortsetzung Tabelle 25

Kinder

Nr.	Patient	Alter	% verbrannte Körperoberfläche	Grad der Verbrennung	Eintritt des Todes nach x Tagen
6	männl.	14 Mon.	25 %	II	46
7	männl.	5,o J.	3o %	II u. III	7
8	weibl.	4,3 J.	5o %	II u. III	25
9	weibl.	3,6 J.	35 %	II u. III	6
1o	weibl.	4,6 J.	6o %	II u. III	6

Nr.	Sektion	Todesursache	Sektionsnebenbefunde
6	+	Herz- und Kreislaufversagen toxischer Genese	Bronchopneumonie Niereninfarkte
7	-	"	-
8	-	"	-
9	+	"	Hirn- und Lungenödem, Leberverfettung
1o	+	"	Hirn- und Lungenödem, Pneumonie, Leberverfettung

4. Diskussion

Die vorliegende Statistik betrachtet die ersten sieben Tage nach einem Verbrennungsunfall. Der Grund für die 7-Tage-Statistik liegt in der Tatsache, daß nach diesem Zeitpunkt das Schicksal des Patienten nicht mehr hauptsächlich von einer adäquaten Flüssigkeitssubstitution abhängt. Die Schwerpunkte liegen jetzt vielmehr auf dem Gebiet der Antibiotikatherapie und der Chirurgie.

Die Einteilung des Patientengutes in Kinder bis 14 Jahre und in Erwachsene war nötig, um untereinander vergleichbare Gruppen zu erhalten. Die weitere Untergliederung in die Gruppen A und B wurde vorgenommen, um bei Patienten mit verschiedenen Verbrennungsausdehnungen eventuelle Unterschiede in der Infusionstherapie herauszuarbeiten oder um wenigstens Tendenzen zu erkennen bei geringer Fallzahl.

Verbrennungsverletzungen unterscheiden sich von anderen Verletzungen durch die nach dem Trauma auftretenden hohen Flüssigkeits- und Proteinverluste, die therapeutisch nicht aufzuhalten sind und oft über Wochen protrahiert weitergehen. Man kann das nach einer Verbrennung einsetzende Schockgeschehen in zwei Phasen einteilen (4, 5, 6, 7, 18, 73, 93, 106).

Die erste Phase vom ersten bis ca. zum dritten Tag ist gekennzeichnet durch die Permeabilitätssteigerung der Gefäße im Verbrennungsgebiet, die nach einiger Zeit jedoch auf andere Gefäße übergreifen kann, mit folgender Hypovolämie und starker Hypoproteinämie. Die Ursache dieser Permeabilitätssteigerung wird häufig in der Freisetzung von in der Haut in besonderem Maß enthaltenem Histamin, Bradykinin und anderen biogenen Aminen gesehen (57). Andere Autoren vermuten Eiweißabbauprodukte als Toxine, die zur Permeabilitätssteigerung der Kapillaren führen. Alle bisherigen medikamentösen Versuche, diese fatale Veränderung der Gefäße zu unterbinden, sind fehlgeschlagen. Es bleibt nur der intravenöse Flüssigkeitsersatz, eventuell gekoppelt mit oraler Flüssigkeitsaufnahme, um den Verbrennungsschock unter Kontrolle zu bringen. Die Permeabilitätssteigerung in den nicht verbrannten Gebieten führt zur Bildung ausgedehnter Ödeme.

Die zweite Phase der Verbrennungskrankheit beginnt mit der Rückresorption der Ödeme am dritten bis vierten Tag, und sie endet mit der Abheilung der Wundflächen. Auch die zweite Phase ist durch eine nur schwer korrigierbare Hypoproteinämie mit latenter Schockgefahr gekennzeichnet. Die Eiweiße gehen jetzt weniger über die Gefäße verloren, sondern vielmehr bei jedem chirurgischen Eingriff, wie beim Ablösen der Hautnekrosen oder bei Hauttransplantationen. Die Verminderung des Bluteiweißgehaltes mit nachfolgender Einschränkung des onkotischen Druckes verursacht einen circulus vitiosus, der zur ständig steigenden Abnahme des Wasserbindungsvermögens des Blutes und damit zu einer immer stärker werdenden Hypovolämie führt.

Es stellt sich daher die Frage, durch welche Infusionen der lebensbedrohenden Hypovolämie begegnet werden sollte. Zur Auswahl stehen Elektrolyt-, Kohlenhydrat- und kolloidale Lösungen oder Kombinationen dieser Lösungstypen.

Vergleicht man die Verbrennungsformeln verschiedener Autoren anhand der fiktiven Berechnungsgrundlage eines 7o kg schweren erwachsenen Patienten mit einer Verbrennungsausdehnung von 3o % der Körperoberfläche (2. und 3. Grades), zeigt sich, daß die Gesamtinfusionsmenge am ersten Tag nur Differenzen bis zu 2,2 l aufweist. Wesentlich krassere Unterschiede ergeben sich bei der Infusion kolloidaler Lösungen am ersten und zweiten Tag. Die Mehrzahl der amerikanischen Autoren bevorzugen am ersten Tag nach dem Verbrennungstraume reine Elektrolytlösungen (Ringerlaktat), während die meisten europäischen Autoren kolloidale Lösungen bereits am ersten Tag applizieren (Tabelle 26).

Tabelle 26: Infusionsmengen am ersten und zweiten Tag nach einer Verbrennung berechnet nach den Formeln verschiedener Autoren (Berechnungsgrundlage : Patient 7o kg, 3o % Verbrennungsausdehnung)

	Kolloide in ml	KH-Elektrolytlösungen in ml	freies Wasser als 5%-ige Glucose in ml	Gesamtmenge in ml
1. Tag				
EVANS 1952 London	21oo	21oo	2ooo	62oo
BROOKE 1953 London	1o5o	315o	2ooo	62oo
MÜLLER 1974 Bochum	3375	35oo	--	6875
LILJEDAHL 1972 Stockholm	315o	21oo	2ooo	725o
BAXTER 1968 Dallas, Texas	--	84oo	--	84oo
ROGENES 1976 Wiskonsin	--	63oo	--	63oo
Würzburg 1972 - 1978	168o	5o4o	--	672o
2. Tag				
EVANS (45)	1o5o	1o5o	2ooo	41oo
BROOKE (61)	525	1575	2ooo	41oo
MÜLLER (78)		nach Bedarf		
LILJEDAHL (68)	1575	1o5o	2ooo	4625
BAXTER (17)	5oo	42oo	--	47oo
ROGENES (92)		nach Bedarf		
Würzburg	1oo8	2352	--	336o

Die Befürworter der reinen Elektrolytinfusionen argumentieren, daß der Volumeneffekt der Kolloide in den ersten 24 Stunden nach dem Trauma nicht wirksam werden könne, da durch die Permeabilitätsstörung der Gefäße die Kolloide bis zu einem Molekulargewicht von 36o ooo die Gefäßbahn schnell verlassen, ins Interstitium abwandern und dort durch ihre

hohe Wasserbindungskapazität zur Entstehung größerer Ödeme führen. Der kolloidosmotische Druck in der Gefäßbahn könne mit kolloidalen Lösungen in den ersten 24 Stunden nicht erhöht und damit auch keine Verbesserung des Plasmavolumens erzielt werden. Für den zweiten Tag wird eine Normalisierung der Kapillarpermeabilität angenommen. Nach den ersten 24 Stunden infundieren folglich auch die amerikanischen Autoren Kolloide, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang als ihre europäischen Kollegen (11, 17, 36, 4o, 65, 8o, 92, 95). Bei Verbrennungsausdehnungen bis zu 5o % der Körperoberfläche infundiert BAXTER (16, 17) nie mehr als 5oo bis 7oo ml Kolloide am zweiten Tag.

Die Anästhesiologische Abteilung der Universitätsklinik Würzburg ist sich jedoch mit vielen anderen Zentren einig, daß die Infusion kolloidaler Lösungen sehr zum Erfolg der Therapie eines Verbrennungsschocks beiträgt und darüberhinaus auch den gesamten Heilungsverlauf günstig beeinflußt.

MEHRKENS (72) konnte erst 1978 im Tierversuch erneut nachweisen, daß durch die Zufuhr vor allem von Albumin im Überschuß eine schnelle Normalisierung des kolloidosmotischen Druckes gelingt. Dazu kommt eine deutliche Abkürzung der Schockphase durch die Aufhebung der Hypoalbuminämie und den guten Volumeneffekt der Kolloide (32). Eine gefürchtete Komplikation des Verbrennungsschocks, die Hämokonzentration, wird durch die schnelle Volumenauffüllung vermieden. Die Suspensionsstabilität des Blutes normalisiert sich (51).

CARVAJAL (31) beobachtete 1975, daß der Flüssigkeitsbedarf nach Verbrennungen durch die Verabreichung kolloidaler Lösungen um 25 bis 3o % gesenkt wird. Diese Volumeneinsparung ist vor allem für ältere herzgeschädigte Patienten und für kleine Kinder von großem Vorteil, da sich die kardiale Belastung dadurch wesentlich verringert (7o). Die Ausdehnung der Ödeme nimmt ebenfalls ab, da weniger Flüssigkeit zugeführt wird und deshalb auch weniger die Gefäßbahn verlassen kann (44). Ein weiterer Vorteil der

Kolloidapplikation ist die Verringerung der Lungenödemgefahr. ARTURSON (1o) konnte im Hundetierversuch nachweisen, daß die Plasmaproteine die Kapillarmembranen zwar im thermisch geschädigten Gebiet verlassen, die Kapillarmembranen in entfernteren Regionen jedoch nicht passieren können. Der hydrostatische und der kolloidosmotische Druck entlang der Lungenkapillaren bleibt folglich ausgeglichen und der Gefahr eines Lungenödems wird vorgebeugt. Betrachtet man die Komplikations- und Überlebensstatistiken fällt außerdem eine verringerte Mortalität auf, wenn bereits in den ersten 24 Stunden Kolloide infundiert werden (13, 9o).

Aus all diesen Gründen erscheint die Kolloidgabe unmittelbar nach dem Verbrennungsunfall durchaus gerechtfertigt.

Über die erfolgreiche Schocktherapie hinaus ergaben sich in Würzburg längerfristige Vorteile der sofortigen Kolloidgabe. Eine nach Verbrennungen häufig auftretende Sepsis mit oft tödlichem Ausgang wurde von uns nie beobachtet. Wir führen diese Tatsache auf die sofortige Infusion biologischer Kolloide mit hohem Anteil von Immunglobulinen der Gruppen Ig G, Ig A und Ig M zurück. Aus diesem Grund wählten wir die Infusionslösungen Seretin und Biseko, die einen hohen Antikörpertiter gegen Erreger zahlreicher Infektions- und besonders auch gefürchteter Hospitalkeime enthalten. Man erreicht mit diesen Lösungen neben der vorrangigen Volumenauffüllung des Kreislaufs gleichzeitig eine Stärkung der Abwehrkräfte des Organismus und begegnet dadurch der Gefahr einer generalisierten Überschwemmung des Körpers mit Infektionserregern (19). Von Bedeutung ist hier auch das in den verwendeten Infusionslösungen enthaltene β-Globulin Transferrin, dem durch seine Fähigkeit, aus der Umgebung pathogener Erreger Fe^{++}-Ionen zu entfernen und damit deren Wachstum und Vermehrung zu verhindern, bakteriostatische Bedeutung zukommt (5o). Vorteilhaft bei der Applikation von Biseko und Seretin ist außerdem deren Gehalt an α_2-Haptoglobin, dessen Plasmaspiegel nach einer Verbrennung sofort signifikant sinkt. α_2-Haptoglobin bindet und transportiert

freies Hämoglobin unter Bildung irreversibler Hb-Hp-Komplexe, und wirkt so bis zur Erschöpfung seiner Bindungskapazität einer Hämoglobinurie und einem übermäßigen Eisenionenverlust entgegen. Wird die Bindungskapazität von Haptoglobin überschritten, was bei ausgedehnten Verbrennungen trotz der Infusion haptoglobinhaltiger Infusionslösungen nicht vermieden werden kann, dissoziiert das Hämoglobin in seinen Häm- und seinen Eiweißanteil. Die Hämgruppe wird zu Hämatin oxidiert. Ist genügend Albumin im Plasma, was wir durch Albuminzufuhr im Überschuß anstreben, geht dieses Hämatin mit seinem wertvollen Eisenionengehalt nicht vollständig verloren, sondern bildet mit Albumin einen Methämalbuminkomplex, und bleibt zum Aufbau neuer Erythrozyten als wichtiger Fe^{++} - Lieferant erhalten (22, 24, 5o).

Die von uns außerdem verwendeten Lösungen PPL und Humanalbumin 5 % dienten vorrangig als Regulatoren des Plasmavolumens. Sie eignen sich deshalb besonders gut, weil sie zu mindestens 95 % aus Albumin bestehen. 1 g Albumin bindet 16 bis 18 g Wasser (32, 66). 2o %iges Humanalbumin kam nach Aufhebung der initialen Schocksymptome zur Anwendung. Da es aufgrund seiner hohen onkotischen Wirksamkeit die kolloidosmotische Wirkung von Blutplasma um das vierfache übertrifft, normalisiert es die verminderte Suspensionsstabilität des Blutes besonders rasch und beeinflußt den Ablauf des Schocks günstig (2). Das Albumin muß im Überschuß zugeführt werden, da es mit seinem MG von ca. 69 ooo das Gefäßsystem in bestimmtem Ausmaß immer wieder verläßt, was nicht zu vermeiden ist. Dieser Verlust ergibt sich aber auch ohne vermehrte Albuminzufuhr. Will man also einer Hypoalbuminämie mit all ihren Folgen vorbeugen, läßt sich die Albuminzufuhr im Überschuß nicht umgehen, und dazu erscheint das 2o %ige Albumin am geeignetsten.

Die "Clearing"-Funktion des Albumin in Bezug auf den Fettsäurestoffwechsel durch den Transport freier Fettsäuren ist für die Gabe hochkalorischer Fettinfusionen wichtig (88). Am Ende des ersten Tages werden in Würzburg bereits erfolgreich Lipide zur Energiegewinnung infundiert. Das ist nur

möglich bei ausreichendem Albuminbestand des Plasmas.

Zu erwähnen ist außerdem noch die Transportfunktion des Albumins für zahlreiche Pharmaka, die nach Verbrennungen verabreicht werden müssen.

Annähernd die Hälfte der für den ersten Tag errechneten Kolloidmenge wird in Würzburg in den ersten acht Stunden infundiert, da die Proteinverluste unmittelbar nach dem Trauma am größten sind. Im weiteren Tagesverlauf reduziert sich die applizierte Kolloidmenge kontinuierlich entsprechend der sich wieder bessernden Permeabilitätsstörung der Gefäße. Bereits am zweiten Tag kann die Infusion von Kolloiden bei den Erwachsenen auf 55 % und bei den Kindern auf 6o % der Menge des ersten Tages reduziert werden. Damit wird der sich langsam entwickelnden Wiederherstellung der Kapillarintegrität Rechnung getragen. Kinder erhalten am ersten und zweiten Tag durchschnittlich 5 - 8 % mehr Kolloide, da sie aufgrund ihres geringeren intravasalen Volumens schneller in eine gefährliche Hypovolämie geraten als Erwachsene. Die schwerer verletzte Gruppe A erhält bei Kindern und Erwachsenen in den ersten Tagen prozentual mehr Kolloid infundiert als Gruppe B, weil sie über ihre größeren Wundflächen mehr Eiweiß verliert und dadurch in größerer Schockgefahr schwebt.

Über die Dauer der Kapillarwandschädigung nach einem Verbrennungstrauma hat sich in der Literatur keine einheitliche Meinung gebildet. Die Angaben über den Zeitpunkt, bis die Kapillarmembran ihre volle Funktionsfähigkeit wiederhergestellt hat, schwanken zwischen den Extremwerten der 36. Stunde und dem achten Tag nach dem Verbrennungsunfall (79, 81). Wahrscheinlich trifft ein Wert zwischen dieses Angaben zu. Es ist daher nicht möglich, einen genauen Zeitpunkt für die Beendigung der Kolloidtherapie anzugeben, zumal infolge der katabolen Stoffwechsellage von der Leber nicht genügend Plasmaproteine nachgeliefert werden können und bis zur völligen Abheilung der Verbrennungswunden ständige Plasmaverluste über die Wundflächen auftreten. Die Dauer der Zufuhr biologischer Kolloide muß folglich über den täglich zu messenden Serumeiweißgehalt individuell geregelt werden.

Künstliche Kolloide vom Typ der Dextrane, die zuweilen als Erste-Hilfe-Maßnahme am Unfallort vom Notarzt infundiert werden, finden in der Klinik keine Anwendung, da sie infolge ihrer kurzen Halbwertszeit von vier bis sechs Stunden das Gefäßsystem zu schnell verlassen. Außerdem bestehen sie nicht aus körpereigenem Protein und bedingen dadurch eine Allergiegefahr. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß sie keine biologische Wertigkeit besitzen.

Die applizierten Plasmakolloide können ihre Wirkung nur entfalten, wenn sie mit Elektrolyten und freiem Wasser kombiniert werden. Ohne Zufuhr von Wasser ergibt sich kein Volumeneffekt. Über die Auswahl der geeignetsten Lösungen bestehen verschiedene Meinungen. Zur Verfügung stehen hyper-, iso- und hypotone Elektrolytlösungen. Die Tonizität bezieht sich auf die normale Serumnatriumkonzentration, die als isoton gilt.
Die Befürworter der hypertonen Lösungen in der Schockphase sehen deren Vorteile in der geringeren Volumenzufuhr mit abnehmender Lungenödemgefahr, in der geringeren Gewichtszunahme und der begrenzten Ödementwicklung, im Anstieg des intravasalen Volumens und einer adäquaten Diurese (29, 36, 74).

Würzburg kann sich dieser Meinung nicht anschließen. Die Gefahr der Hypernaträmie mit Anstieg der Serumosmolarität bis zum hyperosmolaren Koma und der intrazellulären Dehydratation lassen uns diese Lösungen ungeeignet erscheinen. Außerdem werden sie von Kindern besonders schlecht toleriert, es kommt häufig zu zerebralen Blutungen infolge der Überlastung der Hirngefäße, zum Koma und zum Herzversagen (31). Die von uns bevorzugten iso- und leicht hypotonen Lösungen (z.B. Ringerlaktat) haben den Vorteil der Schockbehebung ohne Gefahr der Hypernaträmie. Die Ödemneigung und die Gewichtszunahme werden durch die schon beschriebenen Kolloidinfusionen hintangehalten. Vergleichende Studien über hyper- und hypotone Lösungen konnten keine Überlegenheit einer der beiden Lösungstypen in der Wiederherstellung der normalen Hämodynamik beweisen (36). MOYLAN zeigte im Hundetierversuch ebenfalls, daß die Tonizität der gegebenen Flüssigkeit

keinen Einfluß auf den Kreislaufauffüllungseffekt hat (77).

Es erscheint uns deshalb besser, mögliche Elektrolytdefizite entsprechend den Laborwerten gezielt mit genau dosierten Elektrolytkonzentraten auszugleichen, als durch hypertone Lösungen zusätzliche Gefahren heraufzubeschwören.

Freies Wasser führen wir in Form von 5 - 1o %iger Glucoselösung oder als Halbelektrolytlösung mit oder ohne KH-Zusatz zu. Wegen der enormen initialen Wasserverluste werden große Mengen freien Wassers benötigt. Die Verbrennungsödeme können 1o % des Körpergewichtes ausmachen, d.h. ein 7o kg schwerer Patient kann in den ersten Tagen sieben Liter Wasser in sein Ödem verlieren. Die Verdunstungsverluste bei 3o bis 5o % verbrannten Patienten liegen in der Größenordnung von drei bis sechs Litern pro Tag (6, 16, 25, 99). Hierbei geht elektrolytfreies Wasser verloren. Durch die Flüssigkeitsausscheidung über Lunge, Niere und Gastrointestinaltrakt verliert der Verletzte noch einmal eineinhalb bis drei Liter pro Tag, zumal durch die häufig zu beobachtende Tachypnoe die perspiratio insensibilis ansteigt (8). Im Fieberzustand kommen zusätzliche Schweißverluste dazu.

In einigen Berechnungsformeln (z.B. EVANS, BROOKE, LILJEDAHL) werden elektrolythaltige Lösungen und Glucoselösungen (freies Wasser) getrennt aufgeführt. Das Verhältnis der elektrolythaltigen zu den elektrolytfreien Lösungen beträgt in diesen Formeln jedoch 1 bis 1,5 : 1. Änderungen der Verbrennungsausdehnung und des Körpergewichts des Patienten führen also nur zu unwesentlichen Verschiebungen in der Zufuhr (2). In Würzburg werden folglich die KH- und Elektrolytlösungen unter einer Gruppe zusammengefaßt. Die Feinregulierung der Zufuhr, ob mehr KH- oder mehr Elektrolytlösungen benötigt werden, erfolgt über die Messung der Serumelektrolyte und über den Hb- und Hk-Wert. Der Natriumserumspiegel sollte im Normalbereich von 138 bis 142 mäq / l gehalten werden. Steigt er an, ist das ein Zeichen für einen höheren Bedarf an freiem Wasser. Fällt er ab, muß die Zufuhr elektrolyt-

haltiger Infusionen forciert werden (16, 1o2).

In der auf Seite 8 erstellten Statistik der KH-Elektrolytzufuhr zeigte sich bei den Erwachsenen, daß das stärkste Flüssigkeitsdefizit innerhalb der ersten Stunden nach dem Verbrennungstrauma entsteht. Die Hälfte der berechneten Flüssigkeitsmenge muß in den ersten acht Stunden nach der Verbrennung zugeführt werden, wenn man Schock und Hämokonzentration verhindern will. Dieser Wert von 5o % innerhalb der ersten acht Stunden wird von den meisten Autoren empfohlen. In den zweiten acht Stunden werden in Würzburg rund 1/3 der errechneten Menge zugeführt und im letzten Tagesdrittel etwas weniger als 1/5 (17 %). Unsere Erfahrungen stehen hiermit im Gegensatz zu vielen anderen Autoren (BROOKE, EVANS, BAXTER, ROGENES), die die verbleibenden 5o % gleichmäßig zu je 1/4 auf die nächsten zwei 8-h-Perioden verteilen. Nach unseren Ergebnissen genügen 25 % in den zweiten acht Stunden nicht, um einen gefährlichen Hämatokritanstieg wirksam zu bekämpfen. Uns erscheint es daher nötig, die Zufuhr in den zweiten acht Stunden zu erhöhen.

Am zweiten Tag halten die Flüssigkeitsverluste an. Für eine ausreichende Substitution genügen im Durchschnitt 45 % der Menge des ersten Tages, denn die Permeabilitätsstörung der Gefäße hat sich in der Regel am zweiten Tag schon erheblich gebessert. Vom dritten Tag an berechnen wir unsere Infusionsmenge nicht mehr nach einer Formel, sondern beurteilen den individuellen Bedarf des Patienten nur noch nach dem klinischen Bild und den ermittelten Laborwerten.

Bis zum fünften Tag stellten wir einen kontinuierlich abfallenden Bedarf an KH-Elektrolytlösungen fest, was auf eine Wiederherstellung der Kapillarintegrität und eine Verbesserung der Wundverhältnisse zurückzuführen ist. Am fünften Tag ist ein Basisbedarf erreicht, der bis zum siebten Tag nicht reduziert werden kann. Wie bereits erwähnt, erhält die Gruppe A ab dem vierten Tag deutlich weniger KH-Elektrolytlösungen infundiert als die leichter

verletzte Gruppe B. Der Grund für diese zunächst nicht logisch erscheinende Tatsache liegt in der hier vorgenommenen Trennung in KH-Elektrolytlösungen bis zu einer Konzentration von 12 % und in hochkalorische Lösungen von 2o bis 7o %iger Konzentration. Gruppe A erhält vom dritten Tag an wesentlich mehr hochkalorische Lösungen als Gruppe B, welche schon früher in der Lage ist, ihren hohen Kalorienbedarf teilweise oral zu decken.

Bei den Kindern zeigte es sich, daß die allgemein empfohlene Aufteilung der errechneten Infusionsmenge auf die drei 8-h-Perioden von 5o % - 25 % - 25 % gut durchführbar ist. Es war nicht nötig, den Anteil der zweiten acht Stunden zu erhöhen. Der Hämokritwert stieg bei dieser Aufteilung nicht an. Dieser Unterschied zu den Erwachsenen ist darauf zurückzuführen, daß Kinder von vornherein eine um 5 ml /kg Kg /% verbrannte KO größere Flüssigkeitsmenge als Erwachsene erhalten und von diesem Flüssigkeitsvolumen einen größeren Anteil als KH-Elektrolytlösung infundiert bekommen. Im weiteren Verlauf der ersten Woche zeigen sich ähnliche Verhältnisse wie bei den Erwachsenen aus den schon erwähnten Gründen der Abnahme der Permeabilitätsstörung und der fortschreitenden Wundheilung.

Betrachtet man das prozentuale Verhältnis von Kolloid- zu KH-Elektrolytinfusionen stellt man bei den Erwachsenen einen Anstieg des Kolloidanteils vom ersten bis zum dritten Tag von 25 auf 33 % fest. Dieser Anstieg ist ebenfalls auf die Wiederherstellung der Funktion der Kapillargefäße zurückzuführen, außerdem auf den schon erwähnten steigenden Eiweißbedarf infolge des Katabolismus und die zunehmende Infektionsgefahr. Gruppe A erhält einen höheren Kolloidanteil als Gruppe B. Diese Anteilserhöhung ist durch die größeren Eiweißverluste der schwerer verbrannten Patienten über ihre größeren Wundflächen und durch die häufig schlechtere Möglichkeit des oralen Ausgleichs zu erklären.

Bei den Kindern steigt der Kolloidanteil ebenfalls bis zum zweiten Tag aus denselben Gründen wie bei den Erwachsenen. Im weiteren Wochenverlauf zeigen sich unregel-

mäßige Schwankungen, die vermutlich auf der unregelmäßigeren Nahrungsaufnahme der Kinder beruhen. Die nötige zusätzliche Eiweißzufuhr muß folglich über die Serumeiweißbestimmung parenteral reguliert werden.

Insgesamt erhalten Kinder stets zwischen 6 und 11 % weniger Kolloide als Erwachsene. Der Grund liegt in ihrem empfindlicheren Wasserhaushalt und in ihrem höheren Flüssigkeitsbedarf.

Nach den vorliegenden Ergebnissen erhalten in Würzburg die Erwachsenen 3,2 ml / kg KG / % verbrannte KO Gesamtinfusionsmenge am ersten Tag, Kinder dagegen 8,2 ml / kg KG / % verbrannte KO.

Die in Würzburg für Erwachsene angewandte Formel von 3 ml / % verbrannte KO /kg KG mußte demnach nur unwesentlich nach dem Befinden des Patienten nach oben korrigiert werden. Es ergab sich lediglich ein zusätzlicher Bedarf von 0,2 ml / kg KG / % verbrannte KO.

Für Kinder wird in Würzburg folgende Formel verwendet (27):

1. Physiologischer Erhaltungsbedarf

   bis 10 kg KG: 100 ml /kg
   bis 20 kg KG: 80 ml /kg
   bis 40 kg KG: 60 ml /kg

2. Zusätzlicher Bedarf

   1. Tag: 5 ml x kg KG x % verbrannte KO
   2. Tag: 3 ml x kg KG x % verbrannte KO

Daraus wird bereits ersichtlich, daß Kinder einen größeren Flüssigkeitsbedarf haben als Erwachsene.

Setzt man die Flüssigkeitsmenge, die die Kinder tatsächlich erhalten haben, in Beziehung zu ihrem Körpergewicht und der Prozentzahl der verbrannten Körperoberfläche, so erhält man ohne Berücksichtigung der oben erwähnten Einteilung in physiologischen Erhaltungsbedarf und zusätzlichen Bedarf eine der Erwachsenenformel vergleichbare Formel, wonach die Kinder im Durchschnitt 8,2 ml /kg KG / % verbrannte KO erhalten haben.

Das bedeutet, daß Kinder 5 ml / kg KG / % verbrannte KO mehr Flüssigkeit erhalten müssen als Erwachsene, um einen stabilen Kreislauf und eine ausreichende Diurese zu erhalten. Dieser höhere Flüssigkeitsbedarf beruht darauf, daß Kinder eine größere Körperoberfläche pro kg Körpergewicht besitzen als Erwachsene (17, 27, 62). Es geht also über die größere Oberfläche mehr Verdunstungsflüssigkeit verloren, zumal das Flüssigkeitsvolumen prozentual mehr extrazellulär liegt als bei den Erwachsenen. Der tägliche Wasserumsatz im Verhältnis zum Körperwasser ist bei den Kindern ca. doppelt so hoch wie bei den Erwachsenen (26). Flüssigkeitsverluste können deshalb sehr schnell zu Dehydratationserscheinungen führen. Der Wärmeaustausch mit der Umgebung ist bei den Kindern wegen ihrer größeren Körperoberfläche ebenfalls erhöht. Will man eine sich schnell verschlimmernde Hypothermie vermeiden, bei der dann die Flüssigkeitstherapie infolge der Vasokonstriktion schlecht anspricht, muß rechtzeitig viel Flüssigkeit zugeführt werden. Ein letzter Grund für den höheren Flüssigkeitsbedarf der Kinder liegt in ihrer signifikant geringeren Pufferkapazität im Verhältnis zum Erwachsenen. Kinder geraten viel leichter und schneller in eine metabolische Azidose als Erwachsene (17).

Diese Gründe machen deutlich, daß Kinder einen höheren physiologischen Erhaltungsbedarf an Flüssigkeit haben als Erwachsene, dem bei der Berechnung der Infusionsmenge anhand einer Formel unbedingt Rechnung getragen werden muß.

Mit KH-Elektrolyt- und Kolloidlösungen allein ist dem Patienten jedoch nicht hinreichend gedient. Auf eine ausgedehnte Verbrennung antwortet der Organismus mit Hypermetabolismus, einer daraus folgenden negativen Stickstoffbilanz und rapidem Gewichtsverlust (21, 35, 36, 86). Für die Verdunstung von einem Liter Wasser von der Wundoberfläche werden 576 zusätzliche Kalorien benötigt, nur um ein Absinken der Körpertemperatur zu verhindern (4, 37). Der tägliche Kalorienbedarf steigt von 2o - 3o Kal

pro kg KG / Tag beim gesunden Erwachsenen auf 5o - 7o Kal pro kg KG / Tag. Der Energiebedarf bei Kindern steigt ebenfalls um das 2 bis 3fache (5, 38, 43, 67, 69, 71). Oral allein können diese großen Energiemengen nicht zugeführt werden, deshalb ist die parenterale hochkalorische Ernährung bei Verbrennungspatienten vital indiziert.

In Würzburg erhalten Erwachsene bereits kurz nach der Aufnahme hochkalorische Lösungen außer Fettinfusionen (Tabelle 6 und 7). Im letzten Tagesdrittel kommen Lipidinfusionen hinzu. Am zweiten Tag erhöht sich die Menge der hochkalorischen Lösungen signifikant. Die Energiezufuhr spielt jetzt die größere Rolle im Gegensatz zum ersten Tag, wo die Schockbekämpfung im Vordergrund steht. Die signifikante Verminderung hochkalorischer parenteraler Ernährung am siebten Tag deutet darauf hin, daß zu diesem Zeitpunkt die orale Nahrungsaufnahme wieder in den Vordergrund tritt.

Kinder erhalten erst in den letzten acht Stunden des ersten Tages hochkalorische Infusionen aus den bereits erwähnten Gründen des kleineren zirkulierenden Volumens und der daraus folgenden größeren Schockgefahr, der zunächst mit weniger konzentrierten Lösungen begegnet wird. Im letzten Tagesdrittel sind die Kinder dann in der Lage, ebenfalls hochkalorische Lösungen zu vertragen.

Die starken Schwankungen in der Infusionsmenge zwischen den Gruppen A und B machen deutlich, daß die orale Nahrungsaufnahme bei den Kindern ganz unterschiedlich zur Geltung kommt. Sowohl bei Gruppe A als auch bei Gruppe B gibt es Tage, an denen der Kalorienbedarf überwiegend parenteral gedeckt werden muß und andere Tage, an denen die orale Nahrungsaufnahme die parenterale Zufuhr in den Hintergrund rückt. Die starken Schwankungen in der täglichen Gabe hochkalorischer Infusionslösungen geben folglich die sich bei Gruppe A und B von Tag zu Tag ändernde Verträglichkeit oraler Nahrungszufuhr wieder. Die parenteral zuzuführenden Kalorienmengen ändern sich deshalb

bei einer bedarfsorientierten Infusionstherapie auch täglich.

Von den drei Substanzgruppen hochkalorischer Lösungen erfüllen die Kohlenhydrate folgende Funktionen: Sie dienen als Kalorienspender und durch ihren Metabolismus als Lieferanten freien Wassers. Eine sehr wichtige Aufgabe erfüllen sie durch ihren proteinsparenden Effekt (42, 55). Um den Gehirnbedarf von 1oo bis 15o g Glucose täglich durch die unökonomische Gluconeogenese zu decken, würden 25o g wertvolles Protein benötigt (46). Der Anteil der Glucoselösungen an der Gesamtmenge hochkalorischer Infusionen sollte deshalb stets mindestens ebenso groß oder größer sein als der AS-Anteil (1oo). Bei unserem erwachsenen Patientengut ist dies der Fall, bei den Kindern nicht immer, denn die orale Kohlenhydratzufuhr ersetzt die parenterale Zufuhr häufig.

Die Zuckeraustauschstoffe Xylit, Sorbit und Fruktose wurden verwendet, um den Anstieg des Blutzuckerspiegels in Grenzen zu halten. Die Umwandlung dieser Stoffe in Glucose verläuft protrahiert, was für die Regulationssysteme weniger belastend ist (4o, 48, 55). Ausgeprägte Glucosurie und Verlust der zugeführten Energie über die Niere kann dadurch weitgehend vermieden werden.

Die Aminosäurelösungen dienen in erster Linie der Verbesserung der Stickstoffbilanz und der Gewebesynthese. Der Proteinbestand des Körpers steht in ständigem Austausch mit den Aminosäuren (9). Bei kataboler Stoffwechsellage, die sich nach Verbrennungen zwangsläufig ergibt infolge der um das 3o bis 5ofach gesteigerten Katecholaminausschüttung und der stark verminderten Nahrungsaufnahme, werden zuerst die funktionell wichtigen Enzym- und Muskulaturproteine zu Energiegewinnung verwendet (42, 57, 1o3). Diesen enormen Stickstoffverlust zu unterbinden ist in Würzburg ein Ziel der möglichst frühen AS-Applikation. Nur wenn ausreichend Aminosäuren vorhanden sind, ist es dem Körper möglich, seine wichtigsten Enzymsysteme nach einer Verbrennung in Gang zu halten. Besonders wichtig er-

scheint uns der Aufbau von Leber- und Darmwandenzymen, da wir unsere Patienten nach Möglichkeit bereits am ersten Tag oral miternähren, wofür Verdauungsenzyme unerläßlich sind. Das oft beschriebene Curling Ulcus konnte unter anderem dadurch in Würzburg vermieden werden. Ein weiterer Vorteil der AS-Lösungen besteht in ihrer Fähigkeit, die dringend nötige Erythropoese zu verbessern (34, 46).

Die Infusion von Fettlösungen ist in der Literatur sehr umstritten. Wie Tabelle 7 zeigt werden in Würzburg bereits im letzten Tagesdrittel Fettlösungen appliziert. Einige Autoren lehnen die Fettinfusionen in den ersten posttraumatischen Tagen ab mit der Begründung einer streßinduzierten Leberfunktionsstörung (4o, 46, 48, 82). Das Fett werde kaum utilisiert, sondern in den Fettdepots, im RES und in der Lunge gespeichert. Durch diese Speicherung im RES komme es zur Blockade dieses für die Infektabwehr und die Beseitigung von Mikrothromben so bedeutenden Systems. Vorhandene Mikrozirkulationsstörungen würden verschlechtert.

EYRICH (1o8) konnte jedoch durch pathohistologische Untersuchungen nachweisen, daß Fettablagerungen in Leber, Niere und Lunge nach Lipidinfusionen so gering sind, daß funktionelle Schäden nicht zu befürchten sind. In Würzburg erhalten die Verbrennungspatienten deshalb außer bei anhaltendem Schockzustand oder einer nicht beherrschbaren Azidose Lipidinfusionen. Diese bieten den Vorteil hoher Kalorienzufuhr (Brennwert 9,3 Kal/g) bei kleinen osmotisch inaktiven Lösungsvolumina (21, 37, 6o, 1oo). Nachgewiesen ist außerdem ein Senken des bei Verbrannten stets erhöhten Plasmaspiegels an freien Fettsäuren durch Lipidinfusionen (3o). Säuglinge und Kleinkinder verwerten Fett ausgezeichnet (4o). Fett wird über die Niere praktisch nicht ausgeschieden. Renale Verluste sind also nicht zu befürchten (55). WILMORE (1o4, 1o5) konnte nachweisen, daß die Veränderungen an Erythrozyten nach größeren Verbrennungen (Brüchigkeit, Gestalt, Lebensdauer) durch Mangel an essentiellen Fettsäuren in der Erythrozytenmembran entstehen. Die Infusion von Intralipid, das zu 63 % aus den essentiellen

Fettsäuren Linol- und Linolensäure besteht, korrigiert den Mangel an Fettsäuren in der Erythrozytenmembran, während kalorienreiche, aber fettlose Infusionen den Mangel nicht ausgleichen (56). Aus diesen Gründen erscheinen Fettlösungen bei Verbrennungspatienten gerechtfertigt und notwendig.

Die parenterale hochkalorische Ernährung muß in engem Zusammenhang mit der peroralen Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme gesehen werden. Beide Formen der Nährsubstratapplikation müssen sich ergänzen. Wann mit der oralen Miternährung begonnen werden kann, ist umstritten. Die orale Flüssigkeitszufuhr unmittelbar nach einer schweren Verbrennung wird vielfach abgelehnt mit der Begründung, es bestehe dadurch die Gefahr eines Curling Ulcus. Manche Autoren beschreiben eine Inzidenzrate von 11 bis 12 % (75, 80). Diese Bedenken teilt Würzburg nicht. Der größte Teil unserer Verbrennungspatienten erhält bereits am ersten Tag oral Flüssigkeit zugeführt, in den ersten Tagen Tee und Milch, später auch Sprudel und Säfte. Ein Curling Ulcus wurde im Beobachtungszeitraum nie gesehen.

Der Gefahr einer mangelhaften Utilisation der oral angebotenen Substrate durch ungenügende Neubildung von Verdauungsenzymen wird durch ausreichende Zufuhr von hochkalorischen AS- und KH-Lösungen vom ersten Tag an begegnet.

Nach Tabelle 8 ergeben sich die täglich oral aufgenommenen Flüssigkeitsmengen. Es ist verständlich, daß bei den Erwachsenen die im letzten Drittel des ersten Tages verabreichte Flüssigkeitsmenge am größten ist, da die parenterale Infusionsmenge stark abgenommen hat. Aus dem gleichen Grund steigen die oralen Flüssigkeitsmengen im Laufe der ersten Woche kontinuierlich an. Gruppe B mit den leichteren Verletzungen verträgt verständlicherweise unmittelbar nach dem Trauma mehr Flüssigkeit oral als Gruppe A, was die Abbildung 8 veranschaulicht.

Die bei den Kindern im Gegensatz zu den Erwachsenen andere Aufteilung der Tagesgesamtmenge auf die ersten drei 8-h-Perioden läßt sich darauf zurückführen, daß Kinder einen viel störanfälligeren Flüssigkeitshaushalt haben als

Erwachsene und deshalb von Anfang an mehr Flüssigkeit benötigen und vertragen. Für den Vergleich der Gruppe A und B gilt dasselbe wie bei den Erwachsenen.

Die parenterale und orale Energie-, Flüssigkeits- und Elektrolytzufuhr muß anhand verschiedener Kriterien ständig überwacht und korrigiert werden.

Die stündliche Messung der Urinausscheidung ist einer der zweckmäßigsten und aussagekräftigsten Parameter zur Überprüfung des Infusionsprogrammes. Verbrennungspatienten, die rechtzeitig einer angemessenen Infusionstherapie zugeführt werden, entwickeln selten eine Nierenparenchymschädigung durch Vasokonstriktion und Mangeldurchblutung der Nierengefäße.

Die Empfehlungen der meisten Autoren zur stündlichen Diurese bei erwachsenen Verbrennungsverletzten schwanken zwischen 4o und 8o ml / h, bei Kindern zwischen 2o und 5o ml / h (2o, 49, 62, 76, 83, 87, 91, 1o7). BAXTER (17) orientiert sich am Natriumgehalt des Urins, der bei 3o bis 7o mäq/l liegen soll, und befürwortet eine stündliche Diurese von 5o bis 1oo ml / h.

In Würzburg werden die empfohlenen Werte bei Erwachsenen am ersten Tag um 15 bis 35 ml / h überschritten. Vom zweiten bis zum sechsten Tag liegen sie im oberen Bereich der von BAXTER empfohlenen Mengen. Die Kinder liegen mit ihrer Ausscheidung teils über, teils im oberen empfohlenen Bereich.

Die hohen Diuresewerte im gesamten Beobachtungszeitraum sind sowohl auf die Infusionstherapie als auch auf die Diuretikagabe zurückzuführen. Etwa ein Drittel des erwachsenen Patientengutes und ungefähr die Hälfte der Kinder erhalten täglich Diuretika (Mannit, Furosemid). Würzburg steht damit im Gegensatz zu der verbreiteten Meinung, forcierte Diurese vermindere das ohnehin schon eingeschränkte Plasmavolumen erneut und verlängere das Schockstadium (92). In Würzburg ist man der Ansicht, daß Diuretika erstens prophylaktisch, zweitens in Fällen von Hämoglobin- und Myoglo-

binurie und drittens, wenn die Infusionstherapie verzögert begonnen wurde und schon Oligurie vorliegt, die Nierendurchströmung fördern und so die Ablagerung von Eiweißpräzipitaten verhindern (7o). KAUL (63) wies nach, daß Verbrennungsverletzte, die routinemäßig Mannit erhielten, signifikant weniger Fieber und Tachykardie zeigten als eine Kontrollgruppe ohne Mannit. Er erklärt dies aus dem Fehlen von Toxinen, die über die Niere vermehrt ausgeschieden werden. MONCRIEF (75) fand bei drittgradig verbrannten Patienten einen toxischen myokarddepressiven Faktor, der dialysierbar ist, ein MG von <1ooo hat und ein noch unbekanntes Kinin oder Amin darstellt. Stoffwechselprodukte des normalen Eiweißmetabolismus, Peptide und Amine, die nach Verbrennungsverletzungen durch den hohen Gewebekatabolismus quantitativ vermehrt auftreten, belasten ebenfalls die Entgiftungs- und Ausscheidungsfunktion der Niere (64).

Die mögliche Ausscheidung von Toxinen und die Entlastung der Niere lassen die Gabe von Diuretika gerechtfertigt erscheinen, zumal das Plasmavolumen durch adäquate Infusionsmengen stabil gehalten werden kann und keineswegs erneute Schockgefahr obligat zu befürchten ist.

Viele Zentren beschreiben einen hohen Diureseanstieg ab dem dritten oder vierten posttraumatischen Tag als Zeichen der Ödemresorption. In Würzburg wurde bei den Erwachsenen ein solcher Anstieg nicht beobachtet, denn durch die Diuretikagabe liegt die Ausscheidung vom ersten Tag an ohnehin hoch,und Ödeme bilden sich nur in geringem Ausmaß. Bei den Kindern zeigte sich trotz relativ gleichbleibender Diuretikagabe ein signifikanter Anstieg von 1o ml/h vom vierten auf den fünften Tag, der auf die Resorption von Gewebsödemen zurückzuführen ist. Im Unterschied zu den Erwachsenen erhalten die Kinder laut Formel wesentlich mehr Flüssigkeit zugeführt, so daß sich leichter Ödeme ausbilden können auch bei gleichzeitiger Diuretikaverabreichung.

Die Verminderung der Konzentrationsfähigkeit ist eines der ersten Zeichen einer Nierenfunktionsstörung, insbesondere der Tubulusfunktion. Das spezifische Uringewicht wird

deshalb routinemäßig bei den Verbrennungspatienten gemessen. Infolge der hohen Störanfälligkeit dieses Parameters - Zucker, Eiweiß, Mannit, niedermolekulares Dextran und dergleichen im Urin täuschen zu hohe spezifische Gewichte vor - ist er isoliert betrachtet sinnlos. Er gewinnt nur in der Zusammenschau Bedeutung. Geringe Urinproduktion mit hohem spezifischen Gewicht und normalem oder erniedrigtem Hämatokrit veranlaßt zur Infusion von weniger Elektrolyt-, dafür mehr wasserhaltigen Lösungen. Gute oder erhöhte Diurese mit niedrigem spezifischen Gewicht und hohem Hämatokrit zeigt zusätzlichen Salz- und Eiweißbedarf an (27). Die in Würzburg gemessenen Gesamtdurchschnittswerte liegen alle im Normalbereich. Die Nierenfunktionsfähigkeit der Verbrennungspatienten wird folglich durch die bedarfsorientierte Infusionstherapie positiv beeinflußt.

Die Elektrolytausscheidung im Harn hängt beim Gesunden in erster Linie von der Zufuhr ab. Sie wird entsprechend dem Wasser-, Elektrolyt- und dem Säure-Basen-Haushalt durch die Nierenfunktion zwecks Aufrechterhaltung der Homoiostase intern geregelt. Hierbei kann die Niere Natrium fast vollständig, Kalium dagegen nur zum Teil konservieren (39). Unter pathologischen Verhältnissen treten die mannigfaltigsten Veränderungen in der Elektrolytausscheidung auf. Um die Infusionstherapie den jeweiligen Bedürfnissen anzupassen, ist es bei Verbrannten manchmal nötig, Elektrolytbilanzuntersuchungen durchzuführen. Die Urinelektrolytbestimmung aus dem 24-h-Sammelurin wird nur bei solchen Patienten durchgeführt, bei denen das klinische Bild und die übrigen Laborwerte dies notwendig erscheinen lassen, was bei ca. 5o % der Kinder und 3o % der Erwachsenen der Fall war. Die Schwankungsbreite der gemessenen Werte ist, wie Tabelle 12 zeigt, enorm groß, so daß die errechneten Mittelwerte bei der geringen Fallzahl wenig aussagekräftig sind. Die Tabelle spiegelt nur die Tatsache wider, daß biologische Parameter außerordentlich empfindlich sind und jeder Patient auf eine ähnliche Verletzung anders reagiert. Jeder Patient scheidet über seine Verbrennungswunde unterschied-

liche Elektrolytmengen aus. Daraus erklärt sich die Tatsache, daß die renale Elektrolytausscheidung ebenfalls in hohem Maße schwankt, und insgesamt weniger Elektrolyte als beim Gesunden durch die Niere entfernt werden als Zeichen ihrer intakten Funktion.

Ein sehr wichtiger Kontrollparameter in der Verbrennungsbehandlung ist der Hämatokritwert. Er spiegelt das Ausmaß der durch Flüssigkeitsverluste entstandenen Hämakonzentration wider. Die starke Viskositätserhöhung des Blutes nach einem Verbrennungstrauma führt zu schwerwiegenden Mikrozirkulationsstörungen. Dazu kommen Thrombenbildungen und hypoxisch bedingte Kapillarendothelschäden und Gefäßschwellungen, die die Gewebeperfusion weiter verschlechtern. Gleichzeitig steigt der Sauerstoffbedarf und -verbrauch. Die erhöhte Viskosität kann nur durch die Menge der zugeführten Flüssigkeit beeinflußt werden (75). Der Hämatokritwert dient hierbei als Kontrollwert der Flüssigkeitszufuhr. Er sollte am ersten Tag bei den Erwachsenen zwischen 4o und 45 %, bei den Kindern etwas niedriger zwischen 35 und 39 % gehalten werden (1, 3, 4, 27, 76, 78). Übersteigt er diese Grenzwerte, wird bei unveränderter Infusionsmenge der Plasmaanteil auf Kosten der Elektrolytlösungen erhöht. Nur durch diese Maßnahme kann die Thrombenbildung und die Mikrozirkulationsstörung vermieden werden. Im Verlauf der ersten Woche ist eine weitere Abnahme des Hämatokrit anzustreben. Eine Blutverdünnung auf einen Hämatokrit von 3o bis 35 % bedeutet eine verbesserte Strömungsdynamik bei optimalem Sauerstofftransport. Die reparativen Leistungen des Organismus sind auf die intakten Fließeigenschaften des Blutes angewiesen.

Wie die Abbildung 1o zeigt, kommt es bei den Erwachsenen trotz Zufuhr von 49 % der Gesamtinfusionsmenge in den ersten acht Stunden vom ersten zum zweiten Tagesdrittel zu einem Hämatokritanstieg von 1,8 %. Um einen weiteren Anstieg zu verhindern, werden in den zweiten acht Stunden 34 % der Gesamtinfusionsmenge des ersten Tages verabreicht

und nicht, wie viele Formeln es empfehlen, 25 %. Daraufhin nimmt der Hk in den dritten acht Stunden leicht ab. Der Kolloidanteil liegt bei den Erwachsenen aus diesem Grund mit 26 % am ersten Tag auch höher als bei den Kindern (2o %). Im weiteren Wochenverlauf wird der Hk im Bereich der oben beschriebenen Werte gehalten.

Bei den Kindern kann ein Ansteigen des Hk am ersten Tag vermieden werden. Es genügen je 25 % der Gesamtinfusionsmenge im zweiten und dritten Tagesdrittel, um den Hk in einem günstigen Bereich zu halten. Der Grund hierfür liegt darin, daß Kinder eine um 5 ml / kg KG / % verbrannte KO größere Flüssigkeitsmenge appliziert bekommen als Erwachsene. Die Unterschiede zwischen den Gruppe A und B sind bei Kindern und Erwachsenen nicht signifikant außer am dritten Tag bei den Erwachsenen. Sie zeigen jedoch eine gewisse Tendenz an. Bei der schwerer verletzten Gruppe A werden infolge der schwereren toxischen Erythrozytenschädigung niedrigere Hk-Werte beobachtet als bei Gruppe B.

Um eine Anämie rechtzeitig zu erkennen, wird mehrmals täglich der Hämaglobinwert bestimmt. Eine gewisse Zahl von Erythrozyten wird im Verbrennungsgebiet als direkte Folge des Hitzetraumas hämolysiert. Bis zu 3o % der ursprünglichen Erythrozytenzellmasse kann zwischen 12 und 48 Stunden nach der Verbrennung durch verzögerte Hämolyse untergehen. Thromben in den Kapillaren des verbrannten Gewebes können zusätzliche Verluste verursachen (92). Entsprechend der verbleibenden Erythrozytenmenge verschlechtert sich die Sauerstofftransportkapazität mehr oder weniger. Eine behandlungsbedürftige Anämie entsteht meist erst ab dem dritten Tag. Sie kann für die Dauer von drei bis sechs Wochen bestehen bleiben infolge einer anhaltenden Bildungsstörung, fortbestehender Hypoproteinämie und weiterhin vermehrtem Abbau (53).

Wie Tabelle 13 zeigt, steigt der Hb-Wert bei den Erwachsenen in den ersten 24 Stunden durchschnittlich um o,7 g pro 1oo ml Blut an. Dies muß als Zeichen eines nicht 1oo %ig korrigierbaren Volumenmangels angesehen werden. Es gehen

weniger Zellen als Serum verloren. Ab dem zweiten Tag ergeben sich durch den verstärkten Abbau der durch thermische Einwirkung geschädigten Erythrozyten stärkere Hb-Verluste. Erst ab dem sechsten Tag halten sich Auf- und Abbau der Erythrozyten wieder ungefähr die Waage. Ähnliche Verhältnisse zeigen sich bei den Kindern.

Die im Durchschnitt um 1 g % niedrigeren Hb-Werte der Gruppe A bei den Erwachsenen erklären sich aus der schwereren toxischen Schädigung von mehr Erythrozyten durch die größere Verbrennungsoberfläche.

Ergibt sich anhand der gemessenen Hb-Werte die Notwendigkeit der Erythrozytenzufuhr wird Vollblut bevorzugt bei Erythrozyten- und Kolloidbedarf, z.B. wenn der Patient stark blutet oder eine übermäßige Hypoproteinämie besteht. Sonst sind Erythrozytenkonzentrate sicherer und werden besser vertragen (31). Sie dienen der isolierten Hb-Erhöhung bei Gefahr von Gewebsazidose und verbessern die Sauerstofftransportkapazität.

Wie oben erwähnt, wird die Anämie selten vor dem dritten posttraumatischen Tag so stark, daß sie der Behandlung bedarf. Tabelle 15 zeigt, daß von unserem erwachsenen Patientengut in der ersten Woche nur zwei Verletzte Vollblut und eine Patientin Erythrozytenkonzentrat benötigten. Bei den Kindern liegen andere Verhältnisse vor (Tab. 16). Sowohl Vollblut als auch Erythrozytenkonzentrate werden ab dem ersten Tag verabreicht. Der Grund hierfür liegt in ihrem im Gegensatz zum Erwachsenen viel geringeren normalen Blutvolumen und ihrem physiologisch höherem Sauerstoffbedarf, wodurch auch geringere Erythrozytenverluste ausgeglichen werden müssen.

Anhand des Serumgesamteiweißes wird die Hinlänglichkeit der parenteralen Blut-, Protein- und AS-Zufuhr überprüft. Der Eiweißanteil an den Flüssigkeitsverlusten über die verbrannte Körperoberfläche beträgt ca. 4 %, d.h. innerhalb der ersten posttraumatischen Tage ist mit Eiweißverlusten zu rechnen, die dem Gesamtvorrat der Plasmaeiweiße entsprechen (8). Infolge dieser ungeheuren Proteinverluste

können die Verbrannten in einer negativen Stickstoffbilanz verbleiben, bis die großflächigen Wunden abgeheilt sind.

Wie Tabelle 17 zeigt, kann trotz Zufuhr großer Mengen kolloidaler Lösungen ein Absinken des Serumgesamteiweißes bei unserem Patientengut nicht völlig verhindert werden. Bei den Kindern kommt es jedoch ab dem dritten Tag, bei den Erwachsenen ab dem fünften Tag zu einer stetigen Verbesserung des Serumgesamteiweißwertes, obwohl die infundierten Kolloidmengen täglich geringer werden. Der Grund dafür liegt in der völlig wiederhergestellten Kapillarintegrität, so daß nur noch die Verluste über die Wundflächen ausgeglichen werden müssen, und in der verbesserten oralen Nahrungsaufnahme.

Die Serumelektrolytbestimmung ist nötig, um Elektrolytüberschüsse oder -defizite rechtzeitig erkennen und ausgleichen zu können.

Die Serumnatriumkonzentration zeigt den Hydrierungszustand des Patienten an. Hypernaträmie ($\geq$ 150 mäq/l), die in den ersten posttraumatischen Tagen vor allem bei Patienten mit großen Verbrennungsflächen und daraus resultierenden enormen Verdunstungsverlusten auftritt, spiegelt einen insuffizienten Wasserbestand des Körpers wider (23, 76). Wasser muß in diesem Fall oral oder parenteral als 5 %ige Glucoselösung zugeführt werden, bis die Serumkonzentration Normalwerte erreicht. Aus Tabelle 18 ist ersichtlich, daß sich die Serumnatriumwerte bei Erwachsenen und Kindern mit Hilfe der besprochenen Infusionstherapie im Durchschnitt im Normalbereich halten lassen.

Eine wesentliche Folge des Verbrennungsschocks ist das Versagen der Natriumpumpe (47, 58, 92). Natrium diffundiert durch die geschädigten Zellmembranen in die Zellen, während Kalium die Zellen verläßt. Über die verbrannte Haut geht ebenfalls Natrium verloren. Dazu kommen Verluste über die Niere, vor allem bei Diuretikagabe. Der Ersatz des fehlenden Natriums ist wesentlich, um eine angemessene Nierenfunktion und eine intakte

Flüssigkeitsbilanz sicherzustellen. Über die Menge der benötigten NaCl-Konzentrate bei unserem Patientengut gibt Tabelle 19 Auskunft. Es wird deutlich, daß Kinder mit ihrem physiologisch höheren Flüssigkeitsbedarf seltener NaCl-Konzentrate brauchen als Erwachsene, da sie ihren Elektrolytbedarf bereits durch die verabreichten Voll- und Halbelektrolytlösungen decken können. Bei den Erwachsenen war vor allem vom zweiten bis zum vierten Tag Natriumsubstitution erforderlich.

In den ersten Tagen nach einer Verbrennung ergibt sich oft eine negative Kaliumbilanz, obwohl durch den bei einer Verbrennung beobachteten erhöhten Zellzerfall vermehrt Kalium in das Serum gelangt (15, 54, 78, 94). Der Grund dafür liegt ebenfalls im Versagen der Natriumpumpe, infolgedessen Kalium aus dem intra- in den extrazellulären Raum abwandert. Über die Niere gehen folglich beachtliche Kaliummengen verloren. Kaliummangel kann auch bestehen, wenn der Serumkaliumspiegel normal erscheint. Das Kaliumdefizit besteht dann intrazellulär. Wenn die Zellmembranen ihre normale Funktion wieder voll aufnehmen und das Kalium in die Zellen zurücktransportiert wird, zeigt sich der wahre Kaliumverlust. Die nach Verbrennungen häufig beobachteten hohen Aldosteronspiegel erhöhen noch die Kaliumausscheidung im Urin (96). Die Diuretikagabe vom ersten Tag an trägt ebenfalls zu den enormen Kaliumverlusten bei. Es ist deshalb verständlich, daß diese exzessiven Verluste nicht mehr nur durch Plasma, Blut und Elektrolytlösungen ausgeglichen werden können, sondern Kaliumkonzentrate zur Substitution benötigt werden. Aus Tabelle 21 wird deutlich, daß aus diesen Gründen ca. die Hälfte der Erwachsenen und rund ein Drittel der Kinder Kaliumkonzentrate in den ersten Tagen erhielten. Hyperkaliämie, die nur in Verbindung mit einem Nierenversagen auftreten würde, wurde in Würzburg bei keinem Patienten beobachtet. Die bedarfsadaptierte Infusionstherapie konnte bei allen Patienten eine Schockniere mit Oligurie und Anurie verhindern.

Die Serumchloridkonzentration ist initial meist normal (92). Erhöhte Chloridspiegel sind wie der Natriumüberschuß als Dehydratationszeichen zu werten. Chlorid wird durch den erhöhten Aldosteronbestand nach einer Verbrennung im Gefolge der Natriumionen fast vollständig in der Niere reabsorbiert. Viele Infusionslösungen enthalten Chlorid. Das erhöht die Gefahr, daß ein Verbrennungspatient hyperchlorämisch wird. Die sorgfältige Überprüfung des Serumchloridbestandes ist deshalb angezeigt. Das untersuchte Patientengut konnte mit Hilfe der beschriebenen Infusionstherapie in Bezug auf die Serumchloridwerte im Normalbereich gehalten werden.

Tabelle 23 macht deutlich, daß die Serumcalciumwerte nach Verbrennungen leicht erniedrigt sind. Da ca. 35 % des Serumcalciums proteingebunden ist, entsprechen die Calciumverluste der Schwere der Hypoproteinämie. Bei einem Calciumgehalt von weniger als 3 - 3,5 mval/l Serum kommt es gewöhnlich zur Tetanie. Da der Anteil des ionisierten Calciums besonders vom Albumingehalt des Serums abhängt, werden bei niedrigem Albumingehalt, wie er nach Verbrennungen meist anzutreffen ist, niedrigere Calciumkonzentrate ohne Tetanie ertragen (41). Die Calciumserumspiegel sind deshalb nach Verbrennungen selten therapiebedürftig.

Trotz ständiger Kontrolle aller hier erwähnten Parameter lassen sich Komplikationen im Verlauf einer Verbrennungskrankheit auch bei optimaler Behandlung nicht vermeiden. Ihre Zahl läßt sich jedoch durch adäquate Therapie, insbesondere Infusionstherapie, auf ein geringeres Maß reduzieren. Daß 16 der 48 beobachteten Patienten ohne jegliche Komplikationen ihre Verbrennung überstanden, führen wir nicht zuletzt auf den sofortigen angemessenen Flüssigkeitsersatz zurück. Die üblichen Verbrennungsschockfolgen wie Hirn- und Lungenödem, Niereninsuffizienz und Herzversagen ließen sich durch die ausgewogene Flüssigkeitstherapie mit proteinfreien und proteinhaltigen Lösungen völlig verhindern. Die mit Hilfe der Verbrennungsformel berechneten infundierten Flüssigkeitsmengen führten weder zu Überwässerung noch zu Hypovolämie.

Bei 2o Personen ergaben sich im Heilungsverlauf vorübergehende Temperaturanstiege auf über 39° C, die als Zeichen einer Infektion zu werten sind. Alle Patienten mit Fieber sprachen auf verabreichte Antibiotika gut an, und das Fieber konnte meist in wenigen Tagen unter Kontrolle gebracht werden. Lediglich ein erwachsener Patient zeigte immer wieder Fieberanstiege bis zu 39,5° C, die erst nach drei Wochen abklangen. Die Hypoproteinämie nach Verbrennungsunfällen führt zu einem plötzlichen Abfall der für die Infektabwehr wichtigen Gammaglobulinfraktion. Dieser akute Antikörpermangel wird in Würzburg durch die sofortige Infusion der Plasmakonserven Seretin und Biseko kompensiert. Diese Lösungen enthalten ein breites Antikörperspektrum. Auf diese Weise stärken wir das Immunsystem unserer Patienten, deren körpereigene Abwehr daraufhin in der Lage ist, mit Infektionen aus eigener Kraft fertig zu werden. Daß keiner unserer Patienten eine generalisierte Sepsis mit positiver Blutkultur zeigte, ist für uns ein Zeichen der ausreichenden Substitution von Gammaglobulinen.

Das Kind, das wie erwähnt am ersten posttraumatischen Tag einen Herzstillstand erlitt, war in schwerem Schock und scheinbar präfinalem Zustand aufgenommen worden. Als Ursache für den Herzstillstand ist der bis zur Klinikaufnahme länger bestehende Schockzustand zu sehen. Trotz Zentralisation des Kreislaufs kommt es im Schock zur koronaren Minderdurchblutung mit nachfolgendem Sauerstoffmangel des Herzmuskels. Die Myokardkontraktilität nimmt ab (14, 15, 57). Dazu kommen degenerative Veränderungen toxischer Genese und interstitielle Ödeme im Myokard als begünstigende Faktoren für einen Herzstillstand (28). Der erwähnte Patient konnte erfolgreich reanimiert werden. Die verabreichten Flüssigkeitsmengen in Verbindung mit Diuretika konnten den Kreislauf soweit stabilisieren, daß nach erfolgter Reanimation die Myokarddurchblutung ausreichte, um eine suffiziente Kontraktilität zu gewährleisten und um ein eventuelles interstitielles Ödem abzubauen, das Herz aber auch nicht durch ein

zu großes zirkulierendes Volumen überlastet war.

Auch die am dritten Tag als zusätzliche Gefahr auftretende Pneumonie überwand der Patient gut, was wir auf die rechtzeitige Stärkung des Immunsystems durch die besprochenen Infusionslösungen Biseko und Seretin zurückführen. Nach Ausheilung seiner Verbrennungswunden konnte das Kind ohne Schäden innerer Organe die Klinik gesund verlassen.

Der Patient, der gleichzeitig mit der Verbrennung wegen der koronaren Minderdurchblutung einen Vorderwandinfarkt erlitt, konnte mit Hilfe einer genau dosierten Infusionstherapie ebenfalls gerettet werden. Er wurde weder überwässert noch zeigte er Zeichen der Dehydratation. Das Herz verkraftete trotz Infarkt das applizierte Volumen.

Die verbrennungsunspezifischen Komplikationen (Alkoholdelier, Allergie, endogene Depression) boten keine therapeutischen Probleme und waren medikamentös gut beherrschbar.

In zehn Fällen führten Komplikationen zum Tod der Patienten. Von den zehn verstorbenen Patienten überlebten fünf die erste Woche. Sie verstarben später zwischen dem 1o. und dem 46. posttraumatischen Tag. In fünf erstellten Obduktionsberichten fand sich als Todesursache "Herz- und Kreislaufversagen toxischer Genese". Bei den fünf Patienten, die nicht obduziert wurden, diagnostizierte der jeweilige mit der Leichenschau betraute Arzt dieselbe Todesursache. Wie oben erwähnt, kommt es bei Patienten, die zu spät in die Klinik eingeliefert werden, zu schockbedingten Myokardkomplikationen, die, wenn sie degenerativer Art sind, auch nach Schockbeseitigung nicht mehr zu beheben sind. Diese toxisch degenerativen Myokardschäden zeigen sich bei Erwachsenen vor allem jenseits des 5o. Lebensjahres, wo auch ohne sichere klinische Hinweise wegen vorbestehender arteriosklerotischer Gefäßveränderungen die Koronarperfusion oft eingeschränkt ist und eine latente Herzinsuffizienz besteht (1). Kleinkinder sind aufgrund ihres kleinen zirkulierenden Volumens ebenfalls besonders

gefährdet. Die Überlebensdauer der Patienten hängt davon ab, wie groß der geschädigte Myokardanteil ist und wie lange das Herz noch in der Lage ist, diese Funktionseinbuße zu kompensieren. Ist das Herz weitgehend degeneriert, genügt bereits die Belastung durch geringe Infusionsmengen, um eine Dekompensation zu provozieren. Ergibt sich eine Schädigung geringeren Grades, sterben die Patienten später bei zusätzlichen Kreislaufbelastungen durch Hauttransplantationen und andere notwendige Operationen oder bei der Umstellung vom fast dauernden Liegen in der ersten Krankheitsphase auf größere körperliche Anstrengungen durch langsame Mobilisation.

Der größte Teil der Obduktionsnebenbefunde läßt sich auf die vorbestehende Herzinsuffizienz zurückführen. Lungen- und Hirnödem, Leberverfettung und Nierentubulusschädigung sind hypoxisch bedingt. Das geschädigte Herz konnte eine ausreichende Gewebeperfusion nicht mehr gewährleisten.

Bei den Überlebenden wurden die Befunde Lungenödem, Hirnödem und Niereninsuffizienz in keinem Fall erhoben. Daraus läßt sich folgern, daß die in Würzburg betriebene Infusionstherapie diese Komplikationen in allen Fällen vermeiden hilft, in denen das Herz noch nicht durch zu lange bestehenden Schockzustand in größerem Ausmaß degenerative Schäden aufweist. Danach ist auch die beste Schock- und Infusionstherapie machtlos.

Weitere Komplikationen, die man nach Verbrennungen oft findet, wurden in Würzburg nie beobachtet. Eine Schockniere mit nachfolgender irreversibler Niereninsuffizienz konnte mit Hilfe adäquater Flüssigkeitstherapie, ausreichender Diuretikagabe und genauer Elektrolytbilanzierung verhindert werden. Generalisierte Sepsis wurde durch rechtzeitige Zufuhr von verlorengegangenen Immunglobulinen vermieden. Unterstützend kamen selbstverständlich sterile Wundpflege und Antibiotikagabe hinzu. Ein paralytischer Ileus, der meist die Folge eines entgleisten Kaliumhaushaltes oder einer Sepsis ist (1), wurde ebenfalls in keinem Fall beobachtet.

Genaue Überwachung des Kaliumspiegels in Serum und Urin und die Stärkung der Immunabwehr halfen diese Komplikation zu verhindern. Curling Ulcera, die nach MONCRIEF, MUNSTER und anderen Autoren (75, 80) nach Verbrennungen eine Inzidenz von 11 bis 12 % haben sollen, ergaben sich bei unserem Patientengut nicht. Wie erwähnt, erhalten die Verbrannten ab dem ersten Tag Flüssigkeit und eiweißreiche Nahrung oral zugeführt, so daß die normale Magenmotilität aufrechterhalten werden kann. Diese Therapie hilft offensichtlich ein Curling Ulcus zu verhindern. Die genaue Ursache der Curling Ulcera ist bis heute nicht geklärt. Die Morphologie und Histologie der Ulcera lassen einen ischämischen Infarkt der Magen- und Duodenalmucosa vermuten (11). Ausreichende Kreislaufauffüllung durch adäquate Flüssigkeitsmengen scheint sich folglich auch auf die Magenfunktion vorteilhaft auszuwirken.

5. Bedeutung für die Klinik

Die Notwendigkeit der sofortigen Infusionstherapie nach Verbrennungsunfällen ist unbestritten. Die Menge und die Art der Infusionslösungen sind entscheidend für das Schicksal der Patienten. In dieser Statistik hat es sich erwiesen, daß die Infusion kolloidaler Lösungen bereits unmittelbar nach dem Unfall für die schnelle Aufhebung des Verbrennungsschocks und die Vermeidung der Hämokonzentration von großem Vorteil ist. Der Volumeneinsparungseffekt von 25 bis 3o % gegenüber der Infusion reiner Kohlenhydrat-Elektrolytlösungen kommt vor allem älteren herzgeschädigten Patienten und Kleinkindern zugute. Die Lungenödemgefahr wird vermindert. Die Applikation der biologischen Kolloide Seretin und Biseko mit ihrem hohen Antikörpertiter stärkt die körpereigene Abwehr des Patienten und hilft eine generalisierte Sepsis infolge allgemeiner Immunabwehrinsuffizienz vermeiden.

Damit die Plasmakolloide ihren Volumeneffekt entfalten können, sind elektrolyt- und wasserhaltige Infusionslösungen nötig. Iso- und hypotone Lösungen haben den Vorteil der Schockbehebung ohne Gefahr der Hypernaträmie. Elektrolytdefizite müssen durch Serumelektrolytbestimmung erkannt und genau dosiert mit Elektrolytkonzentraten ausgeglichen werden.

Kinder haben einen physiologisch höheren Flüssigkeitsbedarf als Erwachsene. Sie erhalten deshalb 8,2 ml / kg KG / % verbrannte KO im Gegensatz zu 3,2 ml / kg KG / % verbrannte KO bei Erwachsenen. Den Faktor 8,2 könnte man vielleicht etwas reduzieren, um eine geringere Ödembildung zu erreichen. Die mögliche Hämokonzentration bei geringerer Flüssigkeitszufuhr bedarf jedoch sorgfältiger Beachtung. Die Verhinderung von Mikrozirkulationsstörungen hat in jedem Fall Vorrang vor einer Gewebsödemverhinderung.

Hochkalorische Lösungen verhelfen zu einer angemessenen Stickstoffbilanz. Sobald der Verbrennungsschock unter

Kontrolle gebracht ist, muß die Infusion hochkalorischer Lösungen massiv gesteigert werden. Dies ist meist ab dem zweiten Tag der Fall. Durch die Infusion hochkalorischer Lösungen kann verhindert werden, daß der Körper seine funktionell wichtigen Enzymproteine zur Energiegewinnung benutzt. Das angebotene Protein kann zum Aufbau neuer Leber- und Darmwandenzyme verwendet werden, die für die Utilisation oral verabreichter Substrate unerläßlich sind.

Die hochkalorischen Kohlenhydratlösungen haben einen proteinsparenden Effekt. Die Aminosäurelösungen verbessern die Stickstoffbilanz und die Erythropoese. Die Lipidinfusionen bieten den Vorteil hoher Kalorienzufuhr bei kleinem osmotisch inaktiven Lösungsvolumen.

Die orale Gabe von Flüssigkeit unmittelbar nach der Verbrennung bewährt sich gut. Sie dient der Volumenauffüllung und der Verhinderung von Curling Ulcera.

Wird die intravenöse und die orale Flüssigkeitstherapie rechtzeitig begonnen, lassen sich Nierenfunktionsstörungen in fast allen Fällen verhindern. Hohe Diuresewerte dienen der Ausschwemmung von dialysierbaren Toxinen und Eiweißstoffwechselprodukten. Prophylaktische Diuretikagabe sowie die Verabreichung von Diuretika bei verzögertem Behandlungsbeginn und schon bestehender Oligurie fördern die Nierendurchströmung und verhindern die Ablagerung von Eiweißpräzipiaten.

Der Viskositätserhöhung des Blutes nach einer Verbrennung muß besondere Beachtung geschenkt werden. Der Hämatokritwert sollte am ersten Tag bei den Erwachsenen zwischen 4o und 45 %, bei den Kindern zwischen 35 und 39 % gehalten werden. Eine weitere Blutverdünnung in den folgenden Tagen auf 3o bis 35 % ist anzustreben, um Mikrozirkulationsstörungen zu vermeiden.

Behandlungsbedürftige Anämien, beurteilt anhand des Hämoglobinwertes treten bei Erwachsenen meist erst ab dem dritten Tag auf. Kinder dagegen benötigen oft bereits vom ersten Tag an Blut oder Erythrozytenkonzentrate, da sie

ein geringeres normales Blutvolumen und einen höheren Sauerstoffbedarf haben.

Sofortiger angemessener Flüssigkeitsersatz nach einem Verbrennungstrauma verhindert die Komplikationen des Lungen- und Hirnödems und des Nieren- und Herzversagens. Hat der Schockzustand vor Einlieferung in die Klinik schon zu lange bestanden, kommt es zu degenerativen Myokardveränderungen toxischer Genese, die auch nach Beseitigung des Schocks nicht mehr behoben werden können. Diesen Patienten droht im Heilungsverlauf der Tod durch plötzliches Herz- und Kreislaufversagen. Dieser Ausgang läßt sich auch bei optimaler Versorgung nicht vermeiden.

6. Zusammenfassung

Anhand von 23 Erwachsenen und 25 Kindern, die in den Jahren 1973 bis 1978 im Institut für Anästhesiologie und der Chirurgischen Klinik der Universität Würzburg wegen Verbrennungsverletzungen behandelt wurden, wurde die in Würzburg in der ersten posttraumatischen Woche betriebene Infusionstherapie bei Verbrennungen und ihre Überwachung an verschiedenen Parametern statistisch untersucht.

Es ergab sich, daß Erwachsene am ersten Tag 3,2 ml / kg KG / % verbrannte KO, Kinder 8,2 ml / kg KG / % verbrannte KO Flüssigkeit infundiert bekamen. Die errechnete Flüssigkeitsmenge verteilte sich folgendermaßen: Die Erwachsenen erhielten in den ersten acht Stunden 49 %, in den zweiten acht Stunden 34 % und im letzten Tagesdrittel 17 % der Gesamtinfusionsmenge. Kinder benötigten in den ersten acht Stunden 48 %, in den zweiten acht Stunden 25 % und im letzten Tagesdrittel 27 %. Am zweiten Tag wurde ca. 5o % der Vortagesmenge appliziert.

Kolloidale und kolloidfreie Lösungen wurden vom ersten Tag an gleichzeitig verabreicht, bei den Erwachsenen im Verhältnis 1 : 3, bei den Kindern im Verhältnis 1 : 4. Durch ihren Volumeneffekt dienten die kolloidalen Lösungen der Abkürzung der Schockphase, der Aufhebung der Hämokonzentration und der Aufrechterhaltung der Nierenfunktion. Die Bildung allgemeiner Verbrennungsödeme und die Lungenödemgefahr konnte mit Hilfe der Kolloide reduziert werden. Die kolloidalen Lösungen Biseko und Seretin, die die gesamte Immunglobulinfraktion des Plasmas enthalten, verbesserten die körpereigene Immunabwehr der Verbrennungspatienten so, daß die Komplikation der Sepsis in Würzburg vermieden werden konnte.

Um den Energiebedarf der Patienten zu decken, begann bereits am ersten Tag die Infusion hochkalorischer Lösungen und die orale Flüssigkeitszufuhr. Hochkalorische Kohlenhydrat- und Aminosäureinfusionen erhielten die Er-

wachsenen bereits zu Beginn der Infusionsbehandlung, Fettinfusionen erst im letzten Tagesdrittel. Kindern wurden alle hochkalorischen Lösungstypen erst in den letzten acht Stunden des ersten Tages appliziert. Durch die sofortige orale Flüssigkeitszufuhr und die damit verbundene Aufrechterhaltung der Magenmotilität ließen sich Curling Ulcera vermeiden.

Die Nierenfunktion wurde anhand der stündlichen Diurese und des spezifischen Uringewichts überwacht. Durchschnittlich 3o % der Erwachsenen und 5o % der Kinder erhielten in der ersten Woche Diuretika. Mit Hilfe der beschriebenen Flüssigkeitstherapie und der Diuretikagabe konnte bei allen Patienten eine ausreichende Nierenleistung erzielt werden.

Die durch den Verbrennungsschock vorübergehend gestörte Suspensionsstabilität des Blutes wurde mit Hilfe des Hämatokritwertes reguliert. Die Infusionsmengen waren so bemessen, daß der Hk bei den Erwachsenen am ersten Tag nicht über 46 %, bei den Kindern nicht über 42 % stieg. Im Laufe der ersten Woche wurde bei den Erwachsenen eine Hk-Abnahme bis 35 %, bei den Kindern bis 3o % beobachtet. Diese Viskositätserniedrigung des Blutes wirkte vorbeugend gegen Mikrozirkulationsstörungen.

Die Bestimmung der Hämoglobinwerte diente dem Erkennen von Anämien. In der ersten Woche sank der Hb-Wert bei den Erwachsenen um durchschnittlich 3,5 g % auf 11,9 g %, bei den Kindern um 3,8 g % auf 1o,2 g %. Nur 13 % der Erwachsenen, dagegen 6o % der Kinder entwickelten eine behandlungsbedürftige Anämie, die mit Blut und Erythrozytenkonzentraten therapiert wurde.

Der Serumgesamteiweißwert diente als Kontrolle der Kolloidinfusionen. Mit Hilfe der oben beschriebenen günstigen Relation von Kolloidlösungen zu kolloidfreien Infusionen konnte bei den Kindern bereits ab dem zweiten Tag (SGE bei 5,5 g %), bei den Erwachsenen ab dem vierten Tag (SGE bei 5,5 g %) eine kontinuierliche Verbesserung der Serumeiweißsituation erreicht werden.

Die Serumelektrolyte schwankten im Durchschnitt bei allen Patienten im Normalbereich. Zu niedrige Natriumserumwerte mußten bei bis zu 22 % der Erwachsenen und 12 % der Kinder mit Hilfe von NaCl-Konzentraten korrigiert werden. Die Kaliumserumspiegel waren bei bis zu 57 % der Erwachsenen und 36 % der Kinder therapiebedürftig. Je zwei Erwachsene und zwei Kinder benötigten Calciumkonzentrate.

Von den 48 erfaßten Patienten überlebten 16 ohne jegliche Komplikationen, 22 Personen zeigten einen Heilungsverlauf mit Komplikationen und 10 verstarben. Als typische Todesursache des Verbrennungspatienten erwies sich das "Herz- und Kreislaufversagen toxischer Genese". In Würzburg beobachtete Komplikationen waren hohes Fieber in 20 Fällen, Bronchopneumonie, Herzstillstand und Herzinfarkt in je einem Fall. Die häufigen Verbrennungskomplikationen der Schockniere, der Immunabwehrinsuffizienz, des paralytischen Ileus und des Magengeschwürs ergaben sich in Würzburg nie. Die Schockniere ließ sich mit sofortiger angemessener Flüssigkeitszufuhr verhindern, die Immunabwehrschwäche mit Hilfe der antikörperhaltigen Lösungen Seretin und Biseko, der paralytische Ileus und das Curling Ulcus durch genaue Serumelektrolytbilanzierung und sofortige orale Ernährung.

Die in Würzburg betriebene parenterale Flüssigkeitstherapie kombiniert mit oraler Ernährung vom ersten posttraumatischen Tag an gewährleistet folglich eine adäquate Behandlung der Verbrennungspatienten mit stark reduzierter Komplikationsrate.

7. Literaturverzeichnis

1. ABDULLA W., FREY R. — ABC der Verbrennungsbehandlung G. Fischer Verl. Stuttgart, New York (1977)

2. AHNEFELD F. W. — Neue Gesichtspunkte in der Infusionstherapie bei Verbrennungspatienten Wehrdienst und Gesundheit 14: 364-377 (1965)

3. AHNEFELD F. W. — Allgemeinbehandlung schwerer Verbrennungen Langenbecks Arch. Chir. 329: 900-907 (1971)

4. AHNEFELD F. W. — Pathophysiologie und Klinik der Verbrennungen in heutiger Sicht Hippokrates 43: 323-335 (1972)

5. AHNEFELD F. W. — Therapie der Verbrennungskrankheiten Dtsch. Ärzteblatt 69: 2941-2945 (1972)

6. AHNEFELD F. W. — Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit Dtsch. Ärzteblatt 69: 2861-2866 (1972)

7. AHNEFELD F. W. — Die Erstversorgung von Verbrennungsverletzten Therapiewoche 24: 1382-88 (1974)

8. AHNEFELD F. W. — Verbrennungsschock Chirurg 45: 106-110 (1974)

9. ALLISON A. C. — Structure and function of plasmaproteins Plenum Press New York, London Vol. 1 (1974)

10. ARTURSON G. — Capillary permeability in burned and non-burned areas in dogs Acta Chir. Scand. (Suppl.) 274: 55 (1961)

11. ARTZ C. P. — Burns updated J. Trauma 16: 2-15 (1976)

12. ARTZ C. P. — Historical aspects of burn management Surg. Clin. North Am. 50: 1193-2000 (1970)

13. BARTLETT R. H. et al. — Hemodialysis in the management of massive burns Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs 19: 269-276 (1973)

14. BAXTER C. R.
Serum myocardial depressant factor of burn shock
Surg. Forum 17: 1-2 (1966)

15. BAXTER C. R.
Present concepts in the management of major electrical injury
Surg. Clin. North Am.
5o: 14o1-1418 (197o)

16. BAXTER C. R.
Early management of thermal burns
Postgrad. Med. 55: 131-139 (1974)

17. BAXTER C. R.
Fluid volume and electrolyte changes of the early postburn period
Clin. Plast. Surg. 1: 693-7o3 (1974)

18. BENAD G.
Anäs thesiologische Gesichtspunkte der Allgemeinbehandlung von Verbrennungen im Erwachsenenalter
Zbl. Chir. 97: 161-168 (1972)

19. BHANTOOA D.
Fluid replacement with special reference to burned patients
Nurs. Times 73: 337-338 (1977)

2o. BOHMERT H.
Die Therapie schwerer Verbrennungen
Münch. Med. Wochenschr.
115: 378-38o (1973)

21. BOSWICK J.
Critical care of the burned patient
Anesthesiology 47: 164-17o (1977)

22. BRAUN H. J.
Eigenschaften und Funktion menschlicher Serumproteine bei intravasaler Hämolyse
Dtsch. Med. Wochenschr.
14: 594-599 (1971)

23. BRUCK E.
Fluid and electrolyte therapy
Pediatr. Clin. North Am.
19: 193-22o (1972)

24. BUDDECKE E.
Grundriß der Biochemie
W. de Gruyter Bln., New York
4. Aufl. (1974)

25. BULL J. P.
Current trends in research on burns
Proc. R. Soc. Med.
65: 27-3o (1972)

26. BUSH G. H.
Intravenous fluid therapy in pediatrics
Ann. R. Coll. Surg. Engl.
48: 4o-41 (1971)

27. BUTENANDT I. Verbrennungen bei Kindern
Dtsch. Ärzteblatt
26: 1547-1551 (1978)

28. BUTENANDT I. Schock- und Allgemeinbehandlung bei Verbrennungen im Kinderalter
Klin. Paediatr.
185: 254-26o (1973)

29. CALDWELL F. T. What constitutes the proper solution for resuscitation of the severly burned patient?
Am. J. Surg. 122: 655-661 (1971)

3o. CARLSON L. A. Lipid metabolism and trauma
Acta Chir. Scand.
137: 123-129 (1971)

31. CARVAJAL H. F. Acute management of burns in children
South. Med. J.
68: 129-132 (1975)

32. CARVAJAL H. F. Fluid therapy for the acutely burned child
Compr. Ther. 3: 17-24 (1977)

33. COPE O., MOORE F. D. The redistribution of body water and the fluid therapy of the burned patient
Ann. Surg. 126: 1o1o (1947)

34. CURRERI P. W. Intracellular cation alterations following major trauma
J. Trauma 11: 39o-396 (1971)

35. CURRERI P. W. Dietary requirements of patients with major burns
J. Am. Diet. Assoc.
65: 415-417 (1974)

36. CURRERI P. W. Advances in the clinical care of burned patients
West. J. Med.
123: 275-281 (1975)

37. DAVIES M. R. Intravenous and oral feeding after burns
S. Afr. Med. J.
5o: 1673-1675 (1976)

38. DAVIES J. W. The effect of environmental temperature on the metabolism and nutrition of burned patients
Proc. Nutr. Soc. 3o: 165-172 (1971)

39. DEUTSCH E., GEYER G. Laboratoriumsdiagnostik
Gebr. Hartmann Berlin
2. Auflage (1975)

40. DIEM E., WITTELS W. — Zum gegenwärtigen Stand der Verbrennungsbehandlung
Wien. Klin. Wochenschr.
87: 146-153 (1975)

41. DOCUMENTA GEIGY — Wissenschaftliche Tabellen
Geigy Pharmazeutika Wehr/Baden
7. Auflage (1973)

42. DUDRICK S. J. — Principles and practice of parenteral nutrition
Gastroenterology
61: 901-910 (1971)

43. ELLIS B. W. — A rational approach to parenteral nutrition
Br. Med. J. 1: 1388-91 (1976)

44. EVANS A. J. — Treatment of burns today
Proc. R. Soc. Med.
64: 1295-1296 (1971)

45. EVANS E. E., PRUNNELL O. J. et al. — Fluid and elektrolyte requirements in severe burns
Ann. Surg. 135: 804-815 (1952)

46. FEKL W., FREY R. — Possibilities and necessities of parenteral nutrition with amino acid mixtures
Z. Ernährungswiss.
14: 145-160 (1975)

47. FLEAR C. T. — Intravenous feeding
Lancet 1: 757-758 (1974)

48. FREY B. — Infusionstherapie bei Verbrennungen
In: Frey R.: Infusionstherapie
Aesopus Verlag Basel (1974)

49. GARRISON A. F. — Management of acute burn
Postgrad. Med. 54: 43-49 (1973)

50. GÖTZ H. — Immunolog. Plasmaproteindiagnostik
W. de GRUYTER Verl. Bln., New York (1973)

51. HALL K. V. — The treatment of burn shock
Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.
7: 67-73 (1973)

52. HARTEL W., SCHÜLKE K. — Die Kreislaufvolumenwirkung von Calcistin bei schweren Verbrennungen
Med. Klin. 61: 552-554 (1966)

53. HARTENBACH W. AHNEFELD F. W. — Verbrennungsfibel
G. Thieme Verl. Stuttgart (1967)

54. HARTSUCK J. M. — Fluid and electrolyte therapy
Major Probl. Clin. Surg.
17: 39-52 (1975)

55. HELLER L. — Zielsetzung der parenteralen Ernährung in der postoperativen Phase
Aktuelle Beitr. i. Rahmen d. Stuttgarter Infusions-Symp. Mai 1975

56. HELMKAMP G. M. — Essentiel fatty acid deficiency
Am. J. Clin. Nutr. 26: 1331-1338 (1973)

57. HERDEN H. N. — Pathophysiologie und Allgemeinbehandlung der Verbrennungskrankheit
Prakt. Anästh. 9: 274-283 (1974)

58. HINTON P. — Crystalloid administration in shock and surgical trauma
Lancet 2: 594-595 (1969)

59. HOLLEMAN J. H. — Intravenous fluid effects on lung water in burn resuscitation
Rev. Surg. 32: 300-302 (1975)

60. IRVING M. H. — Parenteral nutrition for the surgical patient
Anaesthesia 26: 450-467 (1971)

61. JELENKO C. — Fluid shifts after burn injury
South. Med. J. 68: 887-892 (1975)

62. KAPLAN S. — Fluid and electrolyte therapy
Pediatr. Clin. North Am. 16: 581-591 (1969)

63. KAUL B. K. — Mannitol infusion in burns
Indian J. Med. Res. 61: 572-576 (1973)

64. KOSLOWSKI L. — Zur Pathophysiologie und Allgemeinbehandlung schwerer Verbrennungen
Chirurg 41: 385-390 (1970)

65. KRAFFT L. — Erfahrungsbericht über unsere Behandlung der Verbrennungskrankheit
Z. Ärztl. Fortbild. 66: 774-777 (1972)

66. LANDAUER B., KRÄMER G. — Neue Aspekte der Schocktherapie mit Volumenersatzstoffen
Münch. Med.Wschr.118: 553-58 (1976)

67. LILJEDAHL S. O. — The nutrition of patients with extensive burns
Nutr. Metabolism 14 (Suppl.): 110-113 (1972)

68. LILJEDAHL S. O. — Behandlung von Verbrennungen im Karolinischen Krankenhaus
Int. J. Vitam Nutr. Res. 12: 184-196 (1972)

69. LUTZ H. — Behandlung des traumatischen und des Verbrennungsschocks Med. Welt 22: 1195-1196 (1971)

7o. LYNCH J. B. — Current status of treatment of burns South. Med. J. 69: 1o85-1o89 (1976)

71. MEHRKENS H. H., AHNEFELD F. W. et al. — Basis- und Korrekturtherapie im Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt bei schweren Verbrennungen und Hitzeschäden Klin. Anästhesiologie und Infusionstherapie Hrsg. Ahnefeld F. W. (u.a.) Springer Verl. Bln. Heidelbg.: 92-1o8 (1977)

72. MEHRKENS H. H. KILIAN J. — Prophylaxe und Therapie des Verbrennungsschocks Dtsch. Med. Wschr. 1o3: 1o96-1o98 (1978)

73. METCOFF J. — Management of the acutely burned patient J. Okla. State Med. Ass. 68: 33-39 (1975)

74. MONAFO W. — The treatment of burned children Clin. Plast. Surg. 4: 537-546 (1977)

75. MONCRIEF J. A. — Burns New Engl. J. Med. 288: 444-454 (1973)

76. MOORE F. D. — The body-weight burn budget Surg. Clin. North Am. 5o: 1249-1265 (197o)

77. MOYLAN J. A. et al. — Postburn shock J. Trauma 13: 354-358 (1973)

78. MÜLLER F. E. — Die Infusionstherapie bei Verbrennungen Krankenhausarzt 46: 156-162 (1974)

79. MÜNCHHOFF C. H. — Behandlung von Verbrennungskrankheiten Schwestern-Revue 12: 22-23 (1974)

8o. MUNSTER A. M. — Recent advances in the management of burns Med. J. Aust. 1: 484-489 (1971)

81. NOVAK J. — Tierexperimentelle Angaben zur Dynamik der Änderungen des Plasmavolumens nach thermischem Trauma Acta Chir. Acad. Sci. Hung. 13: 3o9-314 (1972)

82. OEHLER G. Parenterale Ernährung
Z. Allgemeinmed.
52: 1225-1229 (1976)

83. O'NEILL J. Evaluation and treatment of the burned child
Pediatr. Clin. North Am.
22: 4o7-414 (1975)

84. O'NEILL J. Burns: Office evaluation and management
Primary Care 3: 531-536 (1976)

85. OVERTON J. H. Aspects of management of the burned child
Anaesth. Intensive Care
1: 535-539 (1973)

86. PEASTON M. J. Intravenous feeding
Practioner 212: 552-559 (1974)

87. PRUITT B. A. Current treatment of thermal injury
South. Med. J.
64: 657-662 (1971)

88. PUTNAM F. W. The plasma proteins: structure, function and genetic control
Vol. 1
Academic Press New York,
San Francisco (1975)

89. RAFFENSPERGER J. G. Treatment of children with burns
Ill. Med. J. 145: 352-355 (1974)

9o. RECKLER J. M. A critical evaluation of the fluid resuscitation in the burned patient
Ann. Surg. 174: 115-118 (1971)

91. RÖSE W. Die Bedeutung der Infusionstherapie bei der Erstbehandlung von Verbrennungsgeschädigten
Zschr. f. Militärmed.
1o: 4o1-4o5 (1969)

92. ROGENES P. R. Restoring fluid balance in the patient with severe burns
Am. J. Nurs. 1: 1952-57 (1976)

93. SCHÄFER H. Therapie des intravasalen Volumenmangels
Med. Klin. 62: 1992-95 (1967)

94. SEMMLER H. Organisation einer rationellen Infusionstherapie
Med. Klin. 62: 1922-25 (1967)

95. SETTLE J. A. Burns: Emergency treatment and resuscitation
Physiotherapie 63: 146-15o (1977)

96. SIEGENTHALER W. Klinische Pathophysiologie
G. Thieme Verl. Stuttgart
2. Aufl. (197o)

97. SHUCK J. M. Current practices in burn management
Am. Surg. 4o: 145-151 (1974)

98. SMITH J. Acute management of burns in children
Surg. Clin. North Am.
5o: 8o7-814 (197o)

99. STADAAS J. Burn problems illustrated by a case
J. Oslo City Hosp.
21: 97-11o (1971)

1oo. TRÜBESTEIN G. Grundlagen der parenteralen Ernährung bei inneren Erkrankungen
Infusionstherapie
2: 45o-455 (1975)

1o1. WALLACE A. B. The exposure treatment of burns
Lancet 1: 5o1 (1951)

1o2. WARDEN G. D. Hypernatremic state in hypermetabolic patients
Arch. Surg. 1o6: 42o-427 (1973)

1o3. WILMORE D. W. Nutrition and metabolism following thermal injury
Clin. Plast. Surg.
1: 6o3-619 (1974)

1o4. WILMORE D. W. Essential fatty acid deficiency in the red cell
Surg. Forum 23: 499-5o1 (1972)

1o5. WILMORE D. W. Nutrition, the red cell and burns
Rev. Surg. 28: 451-452 (1971)

1o6. WITTELS W. Die Verbrennungskrankheit und ihre Therapie
Z. Haut- Geschl.Kr.
46: 761-766 (1971)

1o7. YARBROUGH D. Managing the critically burned patient
Geriatrics 28: 81-85 (1973)

1o8. ZÖLLNER N. Parenterale Ernährung
Dtsch. scand Symp.
2. u. 3. Juni 1978 Kopenhagen
Zöllner Verl. München (1978)

Frau Priv. Doz. Dr. med. B. Homann danke ich für die Überlassung des Themas, ihr Interesse an der Arbeit und für ihre Anregungen und Hilfen bei deren Abfassung.

Bei Herrn Prof. Dr. med. K.H. Weis bedanke ich mich für die freundliche Übernahme des Korreferats.

Lebenslauf

Name:	Rotraut Fels geb. Grabein
geboren	am 23. 3. 1955
Vater:	Schulamtsdirektor Günter Grabein
Mutter:	Lehrerin Elfriede Grabein
Schulbesuch:	von 1961 bis 1965 Volksschule Weitramsdorf von 1965 bis 1974 Gymnasium Casimirianum Coburg
Studium:	vom SS 1975 bis zum SS 1981 an der Universität Würzburg
Studienabschluß:	Ärztliche Prüfung am 12. 5. 1981 bestanden Approbation am 14. 5. 1981
Berufstätigkeit:	ab 1. 6. 1981 Assistenzärztin in der Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses Kronach

Rotraut Fels

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80